

Geologische Bilder

Bernhard von Cotta

Alexis _ uiu.

Geologische Bilder.



B. Cotta.

Druck von C. Grumbach in Leipzig.



Leipzig, Verlag von J. J. Weber.



Druck von C. Grumbach in Leipzig.



Leipzig, Verlag von J. J. Weber.

Geologische Bilder.

Von

Bernhard von Cotta,
Professor an der Bergakademie zu Freiberg.

Mit 217 in den Text gedruckten Abbildungen und dem Portrait des Verfassers.

Vierte verbesserte und vermehrte Auflage.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber.
1861.

Vorwort.

Die „Geologischen Bilder" der Illustrirten Zeitung, welche von mir in Mußestunden für das gebildete Publikum geschrieben worden waren, sollen sich so viele Freunde erworben haben, daß die Verlagshandlung gegen mich den Wunsch aussprach, diese Aufsätze unter dem von ihr selbst gewählten Titel auch selbständig herausgeben zu dürfen. Ich hatte Nichts dagegen, obwol unter gleichem Titel bereits ein treffliches Buch Burmeister's erschienen ist, und so mögen nun auch diese Bilder von recht Vielen beschaut werden und Allen, die sie sehen, Vergnügen bereiten. Können sie auch nicht, wie es in der Natur der Sache liegt, auf wissenschaftliche Gründlichkeit Ansprüche machen, so werden sie doch vielleicht hier und da anregend wirken und zu größerer Verbreitung nützlicher Kenntnisse beitragen. Warnen möchte ich freilich davor, daß Jemand glaube, durch das Betrachten solcher Bilder ein fertiger Geolog, ein gemachter Mann auf diesem Gebiete des Wissens zu werden. Das ist nicht der Zweck, zu dem sie entworfen oder zusammengestellt wurden. Am meisten gilt diese Warnung für die paar Beispiele von Versteinerungen, die hier

abgebildet werden konnten; es sind Beispiele, die eben leicht zu erlangen waren; Niemand versuche es, mit ihrer alleinigen Hülfe eine Formation zu bestimmen. Der Zweck ihrer Darstellung ist lediglich der, beispielsweise auf die besondern Formen aufmerksam zu machen, die in der festen Erdkruste versteinert vorkommen.

Wenn der Herr Verleger für gut befunden hat, mich ebenso wie die mancherlei in diesem Buche abgebildeten versteinerten Bestien in Holz schneiden zu lassen, so hat er das ganz allein zu verantworten, und es kann mir höchstens als eine passive Verschuldung angerechnet werden, daß diese Abbildung als Titelbild zu einem geologischen Buche benutzt worden ist.

Und nun sei es mir noch erlaubt, mit wenigen Worten auf die Geschichte und Bedeutung der Geologie hinzuweisen, aus deren großem Reiche voll Thatsachen und Hypothesen in diesem kleinen Buche ein paar flüchtige Skizzen vorliegen. Was man Weltgeschichte zu nennen pflegt, ist nur der letzte und kürzeste Akt der Geologie. Gewöhnlich läßt man diese da aufhören, wo jene beginnt, indem man mit dem Auftreten des Menschen die Erde als fertig betrachtet. Erst seit Lyell's Lehre von der Unveränderlichkeit der geologischen Wirkungen hat man auch die jetzigen Bildungen und Umbildungen als recht wesentlich und bedeutungsvoll in das Gebiet geologischer Betrachtung hereingezogen. So ist die Geschichte der Menschheit zum Schlußstein der Geologie geworden, wie sie, und besonders die Religionsgeschichte der meisten Völker, mit dunkeln Traditionen über die Entstehung der Erde beginnt. Diese poesiereichen Mythen sind die ältesten geologischen Lehren. Was die wenigen Naturforscher des Alterthums als in ihrem Sinne wissenschaftlich hinzufügten, war theils

ganz unfruchtbare Spekulation, theils nahm es eine sehr lokale Färbung an, je nach der örtlichen Beschaffenheit des Vaterlandes.

Wo der Nil Jahr für Jahr Schlamm absetzt, da entwickelten sich rein neptunische Ansichten, am Fuß der südeuropäischen Feuerberge vulkanische. So entstanden frühzeitig diese beiden Gegensätze der Lehre von der Entstehung der Erde, die sich lange Zeit feindlich entgegenstanden.

Das mittelalterliche Aufblühen europäischer Wissenschaft brachte der Geologie nur ebenso sonderbare als kühne Hypothesen ein; man kannte den Bau der Erde nicht, und wollte ihn dennoch erklären. Spät erst, und am meisten zu Werner's Zeit, am Schluß des vorigen Jahrhunderts, fing man ernstlich an, den innern Bau der Erde zu untersuchen, und neben der Geologie, die bis dahin ein bodenloses Hypothesengebäude gewesen war, bildete sich unter der neuen Benennung Geognosie die Kenntniß vom innern Bau der Erde aus. Aber es war die Zeit des Systematisirens. Die ganze Natur sollte sich Systemen fügen, die auf verhältnißmäßig wenig beobachtete Thatsachen gestützt waren. So künstliche Gebäude konnten nicht lange bestehen. Auf ihren Trümmern hat man erkannt, daß eine ungemeine Mannigfaltigkeit von Ursachen zusammengewirkt hat, um aus einem langen Entwickelungsproceß, der noch fortdauert, die Erde mit ihren Bewohnern so hervorgehen zu lassen, wie sie jetzt ist. Aber weit davon entfernt, daß wir schon alle die geheimen und verwickelten Fäden kennen, welche diesen Zustand bedingten, müssen wir froh sein, wenigstens einen sichern Standpunkt der Beobachtung gewonnen zu haben, welcher Wahrheit und Täuschung unterscheiden läßt, von dem aus es mög-

lich ist, zu erkennen, was fest steht, und was Nichts als eine zu prüfende Vermuthung ist. So haben wir also in der Lehre von der Bildung der Erde nach einander zu unterscheiden: eine Zeit der Mythe, eine der Hypothese, eine der Systematisirung und eine der naturgemäßen Betrachtung. Dieser letztere empirische Standpunkt ist es, auf dem unsere Wissenschaft gegenwärtig steht.

Zu dem wissenschaftlich Interessanten hat sich auch in der Geologie wie in den übrigen Naturwissenschaften das praktisch Nützliche — die Anwendung — gesellt. Es sind nicht mehr bloße Goldkörner des Wissens, die durch sie zu Tage gefördert werden, sondern auch wirkliche Metallkörner, Kohlen, Salz und allerlei nützliches Gestein. Ja, ich habe anderwärts bereits behauptet, daß die Geologie eine wichtige Grundlage der Nationalökonomie werden muß, denn die Zustände unseres Lebens und unserer Gesittung sind gar vielfach abhängig von dem innern Bau des Bodens, den wir bewohnen.

Freiberg, am 17. März 1852.

B. Cotta.

Vorwort zur vierten Auflage.

Diese vierte Auflage der „Geologischen Bilder" hat wieder beträchtliche Vermehrungen durch neue Holzschnitte und durch Zusätze zum Text erhalten, damit sie den Fortschritten der Wissenschaft, dem Zweck des Buches entsprechend, möglichst nacheile. Dieser Zweck ist bereits in dem ersten Vorworte dargelegt, hier sei es mir aber gestattet, noch einige Worte darüber hinzuzufügen.

Der Zweck der „Geologischen Bilder“ ist nicht: neue Hypothesen aufzustellen, zu begründen, oder zu widerlegen, denn das Publikum, welches diese harmlosen Bilder sucht, würde nicht der geeignete Richter darüber sein. Populäre Schriften über naturwissenschaftliche Gegenstände können füglich nur die Aufgabe haben, bereits anerkannte Resultate der Forschung in geeigneter Form vorzutragen, uicht aber durchaus neue Lehren oder Auffassungen einzuführen. Diese müssen zunächst zwischen Fachmännern verhandelt, nicht aber vorher den Laien als fertige Theorien vorgelegt werden.

Daß auch in populären Schriften Hypothesen nicht ganz vermieden werden können, versteht sich von selbst, nur müssen sie dann als solche bezeichnet, und dürfen nicht als begründete Wahrheiten hingestellt werden. Der ganze erste Abschnitt dieses Schriftchens hat z. B. eine solche Hypothese zur Grundlage, ist hypothetisch, denn sicher erwiesen ist der einst heißflüssige Zustand des Erdkörpers nicht, sondern nur aus vielen Gründen sehr wahrscheinlich; es bietet diese Annahme nämlich zur Zeit noch die befriedigendste und am allgemeinsten anerkannte Erklärung für die Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers. Diese Hypothese ist gerade in neuester Zeit durch einige sehr vereinzelt dastehende Gelehrte angegriffen, aber nicht im mindesten widerlegt worden.

Geologen, deren Hauptarbeitsfeld die Natur, und deren wichtigste Aufgabe ihr Studium ist, legen überhaupt keinen überwiegenden Werth auf die Bestimmung des ersten Erdzustandes, sie betrachten dieselbe wol als eines der anzustrebenden Ziele, aber nicht als ein schon jetzt sicher erreichbares. Es würde schlimm um die Geologie stehen, wenn sie vor Erreichung dieses Zieles ohne alle haltbare Basis

daſtände, und es beruht, wie mir ſcheint, auf einem gänz-lichen Verkennen des Weſens der Geologie, wenn man die Vollkommenheit oder Mangelhaftigkeit einer ſolchen vor-läufigen, nur dem augenblicklichen Zuſtande der Wiſſenſchaft entſprechenden Hypotheſe als Prüfſtein für die ganze Lehre betrachtet, und davon das Beſtehen oder Fallen des ge-ſammten Zuſtandes der Wiſſenſchaft abhängig macht. Die Er-klärung des Erdurſprunges iſt zwar eine Aufgabe, aber vor-läufig doch nur eine Nebenaufgabe der Geologie. Hauptaufgabe war und bleibt zunächſt das Studium und die Verbindung der Thatſachen. Ihre naturgemäße Erklärung gewährt zwar eine große Befriedigung, und ſelbſt über das Erweisbare hinaus dürfen Hypotheſen nicht ganz verſchmäht werden, als Anre-gungen zu weiteren Forſchungen; aber einen überwiegenden Werth darf man nicht darauf legen, und ſie namentlich nicht für feſte Stützen der Wiſſenſchaft halten. Dergleichen Hypo-theſen ſind oft duftige Blüten des Studiums, ſie können aber nie ſeine feſten Wurzeln ſein.

Dieſen Standpunkt ſcheinen einige neuere populäre Schriftſteller über Geologie gänzlich zu verkennen, indem ſie die Hypotheſe über den Anfangszuſtand des Erdkörpers gleichſam als den Ausgangspunkt und als Grundlage alles bis-herigen geologiſchen Wiſſens betrachten, und von einer neueſten Zukunfts-Geologie wie von einer durchaus neuen Entdeckung oder Erfindung ſprechen, von einer Geologie, die die bis-herige plötzlich total umgeſtalte, die alle alten Hypotheſen über Bord werfe und dafür nur Wahrheiten an ihre Stelle ſetze. Die geprieſenen Wahrheiten ſind aber theils ſehr alte, theils neue an die Stelle der alten geſetzte, manch-mal recht unwahrſcheinliche Hypotheſen. Was in den Grund-zügen der ſogenannten neueſten oder Zukunfts-Geologie ſehr anerkennenswerth iſt, das iſt nicht neu, ſondern beruht

wesentlich auf den schon lange und vorzugsweise durch Sir Charles Lyell zur allgemeinen Geltung gebrachten Grundsatz: daß man die Vergangenheit aus der Gegenwart beurtheilen, und für die sogenannte Vorwelt, d. h. die Erdentwickelungsgeschichte in vorhistorischen Zeiträumen, nicht andere Kräfte oder Wirkungen beliebig annehmen dürfe, als die sind, welche noch jetzt in der Natur beobachtet werden. An sogenannte Urkräfte mysteriöser Art, an gewaltige allgemeine Erdumwälzungen durch sie, überhaupt an durchaus anders geartete Vorgänge als sie noch jetzt stattfinden, glaubt längst kein verständiger Geolog mehr, und es heißt mit einem bloßen Phantom fechten, wenn man dagegen, wie gegen einen gefährlichen Feind der Wahrheit, ankämpft. Dergleichen Vorurtheile sind längst ganz allmälig verschwunden, eines natürlichen Todes gestorben, und bedürfen nicht eines plötzlichen Todtschlags durch gewaltige Helden der Wissenschaft.

Daß auch außerdem diese stürmischen Neuerer ihre besondern Ansichten haben, die nur von sehr wenigen, und namentlich nicht von solchen Geologen getheilt werden, deren Hauptaufgabe Beobachtung ist, mag gern zugegeben werden; für diese wirklich neuen Ansichten mögen sie immerhin kämpfen, wenn sich Jemand findet, der den Handschuh aufnimmt.

Nichts ist leichter, als geologische Hypothesen aufzustellen und mit allerlei Gründen zu vertheidigen, und obwol kein Beweis dafür geliefert werden kann, so ist dennoch der Gegenbeweis oft sehr schwierig zu führen, in sehr vielen Fällen würde es auch eine ganz nutzlose Mühe sein ihn anzutreten. Weil es so leicht ist, so gibt es Einige, welche das Geschäft der Hypothesenmacherei mit besonderer

Vorliebe betreiben, während Andere das Beobachten und Verbinden der Thatsachen für Hauptaufgabe halten, Hypothesen aber nur für unwesentliche Nebenprodukte der Arbeit, deren Schicksal man der Zukunft überlassen kann, welche Bestätigen, Widerlegung oder bloßes Vergessen bringen wird.

Freiberg, 1. Januar 1861.

B. Cotta.

Inhaltsverzeichniss.

Verzeichniss der Abbildungen.

I.

Entstehung der Erdoberfläche.

II.

Vulkane.

III.

Die geologischen Wirkungen des Wassers.

IV.

Schnee und Eis in ihrer geologischen Bedeutung.

V.

Die Gesteine, woraus die feste Erdkruste besteht.

VI.

Architektur der festen Erdkruste.

VII.
Bau und Entstehung der Gebirge.

VIII.
Die Erzlagerstätten.

IX.

Die Kohlenlager.

X.

Geschichte des organischen Lebens auf der Erde.

Anhang.

Die Vorwelt als Kunstquelle.

Geologische Bilder.

I.

Entstehung der Erdoberfläche.

Vulkanische Thätigkeit und Wasserwirkung. — Die Erde einst ein heißflüssiges Rotations-Sphäroid. — Bildung einer festen Kruste durch Abkühlung. — Erste Erstarrungskruste, Eruptivgesteine, Sedimentärgesteine, metamorphische Gesteine und theilweise Schmelzung der ersten Kruste. — Abkühlungszeitraum. — Dicke der starren Erdkruste. — Mögliche Folgen fortschreitender Abkühlung.

Die Erdoberfläche, die wir bewohnen, ist nicht vom Anfang an so gewesen, wie sie jetzt ist, ja sie ist noch jetzt mancherlei fortdauernden Veränderungen unterworfen, die nur dann im Vergleich zum Ganzen unwesentlich erscheinen, wenn wir sie nach ihren Resultaten in kurzen Zeiträumen beurtheilen. Kurz sind aber alle menschlichen Beobachtungszeiträume; als eine kleine Spanne Zeit erscheint die ganze Geschichte der Menschheit, wenn wir sie vergleichen mit der Geschichte der Erde, d. h. mit dem unermeßlichen Zeitraum, der jedenfalls verstrichen sein muß, seitdem unser Planet zuerst sich als ein selbständiger Himmelskörper gestaltete.

Durch vulkanische Thätigkeit werden heißflüssige Gesteinsmassen aus dem Erdinnern an die Oberfläche geführt, wo sie als Lavaströme erstarren, oder sich zu Schlackenschichten aufhäufen; neue Berge, neue Inseln werden dadurch oder durch Erhebung gebildet; große Landstriche, Hunderte von Quadratmeilen umfassend, werden zuweilen um mehrere Fuße über ihr früheres Niveau erhoben, wie das z. B. an den Küsten von Chile mehrmals schon in diesem Jahrhundert beobachtet worden ist, während andere Gegenden um ebenso viel niedersinken. So wirkt die vulkanische Thätigkeit, indem sie in der Regel die schon vorhandenen Unebenheiten des Landes und Meeresgrundes noch vermehrt.

Das Wasser dagegen nagt überall an der Oberfläche zerstörend und nivellirend. Einige Theile löst es chemisch auf, andere reißt es mechanisch mit sich fort. Alle Bäche, alle Flüsse führen unausgesetzt Theilchen des Landes in die weiten Becken des Meeres, welches selbst wieder seine Küsten langsam unterwäscht und annagt, während in seiner Tiefe oder an andern Stellen seiner Ufer die losgerissenen Theilchen sich ablagern.

Auf diese Weise halten sich die Wirkungen des Wassers und die der vulkanischen Thätigkeit, welche letztere A. v. Humboldt sehr treffend mit den Worten bezeichnet: „eine Reaktion des Erdinnern gegen die feste Kruste und Oberfläche", einander gegenseitig ungefähr das Gleichgewicht; was die einen zerstören, bauen die andern an anderer Stelle wieder auf und umgekehrt.

Außer diesen beiden wichtigsten Ursachen für Veränderungen der Erdoberfläche wirken in geringerm Grade auch die Luft mit ihren Strömungen, das organische Leben und manche andere Ursachen umgestaltend auf das Bestehende ein; aber die Wirkungen dieser sind weit unbedeutender als die soeben genannten. Wir können nach dem Allen dreist behaupten, die Erdoberfläche ist in jedem folgenden Augenblick nie ganz so gestaltet als im vorhergehenden; aber die steten Veränderungen sind an jedem einzelnen Orte großentheils so gering, daß sie erst aus ihrer vieljährigen Summirung deutlich erkannt werden können. Nur die vulkanische Thätigkeit bringt zuweilen sehr merkbare Umgestaltungen plötzlich hervor.

Aehnliche Vorgänge, ähnliche Veränderungen lassen sich nun aber aus dem innern Bau der Erdkruste überall und aus sehr verschiedenen Zeiten herrührend erkennen. Es läßt sich nachweisen, daß die Gestalt der Länder und ihrer Oberfläche, wie die des Meeresbodens, sich fortwährend verändert hat, daß da, wo jetzt Land oder Meer ist, mehrmals Land- oder Meeresbedeckung mit einander gewechselt haben, und daß der augenblickliche Zustand der Erdoberfläche, wie der innere Bau ihrer festen Kruste, eben nur das Resultat aller dieser Vorgänge sind. Die Geologie ist es, welche sich mit der Untersuchung dieser Veränderungen beschäftigt, und welche dadurch auch zu weiteren Schlüssen über die Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers geführt worden ist. Es liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß die Naturgesetze, nach welchen die steten Umgestaltungen der Erdkruste erfolgt sind, jemals andere gewesen seien als

jetzt. Nur unermeßliche Zeiträume sind nöthig, um mit ihrer Hülfe das Bestehende zu erklären, und was könnte uns in diesem Gebiete der Ewigkeit irgend eine zeitliche Schranke setzen? Ob wir zur Erklärung einer geologischen Thatsache einer Stunde oder einiger Millionen Jahre bedürfen, das ist in den meisten Fällen ganz gleich, wenn die Erklärung nur übrigens den bekannten Naturgesetzen nicht widerspricht.

Je weiter indessen der Geolog in die Geschichte der Erde zurückblickt, um so undeutlicher und unbestimmter werden die Lettern, mit denen sie geschrieben ist. Die Buchstaben verwandeln sich zuletzt in Hieroglyphen, und zu ihrer Entzifferung bedürfen wir zur Zeit noch der Hypothesen. Diese in der Geologie unvermeidlichen Hypothesen sind natürlich um so wahrscheinlicher, je einfacher sie die Erscheinungen erklären.

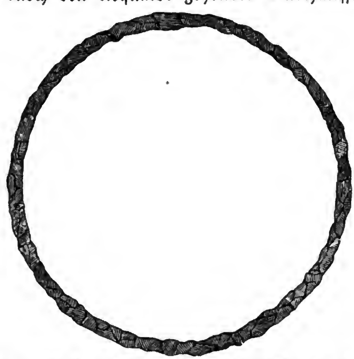
Eine dieser Hypothesen, die unter den Geologen der Gegenwart äußerst verbreitet gefunden wird, ist die: „daß die ganze feste Erde sich einst in einem heißflüssigen Zustande befunden habe, aus welchem ihr jetziger Zustand durch Abkühlung hervorgegangen sei". Die Physiker, die Astronomen und die Philosophen können in ihren Spekulationen noch weiter zurückgehen und vor diesem Zustande einen gasförmigen u. s. w. annehmen; bis dahin reichen aber die Schlüsse der Geologen nicht, insofern sie nur die Beschaffenheit des jetzigen Zustandes als Unterlage benutzen.

Wir wollen nun jene Hypothese hier in ihren wichtigsten Konsequenzen verfolgen und zusehen, wie sich daraus der gegenwärtige Zustand der Erde ganz im Allgemeinen ableiten läßt. Gelingt das Letztere auf eine befriedigende Weise, so ist das offenbar ein günstiges Zeugniß für die Hypothese selbst, die jedoch dadurch noch nicht den Charakter einer wissenschaftlich begründeten Theorie annimmt. Zu einer solchen gehört volle Uebereinstimmung mit den Thatsachen, die in diesem Falle bis jetzt zu erlangen noch nicht möglich gewesen ist. Nachdem dies voraus bemerkt worden, wird man es nun nicht mißdeuten, wenn in den nachstehenden Betrachtungen oft ein bestimmterer Ton der Darstellung gewählt wird, als der Ausführung einer Hypothese streng genommen zukommt. Es geschieht das lediglich im Interesse der Faßlichkeit.

Also die Erde war einst in ihrer Totalität heißflüssig, wodurch nicht ausgeschlossen ist, daß sie auch damals schon von einer luftförmigen Atmosphäre umgeben sein konnte, die jedoch eine wesentlich

andere Zusammensetzung besitzen mußte als die gegenwärtige, da bei höherer Temperatur viele Stoffe nur luftförmig bestehen konnten, die jetzt fest oder tropfbar flüssig sind.

Jede ruhende Flüssigkeit, worauf keinerlei anziehende Kräfte von außen einwirken, nimmt die Gestalt einer Kugel an, so z. B. nach Platau's schönen Versuchen ein Oeltropfen in einer mit dem Oel gleich schweren Mischung von Wasser und Weingeist. Wird aber eine flüssige Kugel um eine ihrer Achsen gedreht, so plattet sie sich in der Richtung ihrer Drehungsachse ab und wird zum elliptischen Rotations-Sphäroid; wirken gleichzeitig noch andere äußere Ursachen — im Falle der Erde die sie anziehenden andern Himmelskörper — auf eine unregelmäßige Weise gestaltgebend ein, so wird das Rotations-Sphäroid kein vollkommenes, sondern ein etwas unregelmäßiges. Diese Gestalt zeigt nun wirklich die Erde im Allgemeinen genau so, wie sie sich aus ihrer Schwere und Umdrehungsgeschwindigkeit berechnen läßt, wenn auch die höchst unbedeutenden, durch störende Einwirkungen hervorgerufenen Abweichungen von der ohne Rücksicht auf jene Störungen berechneten Gestalt sich nicht speciell begründen lassen. Es ist das ungefähr die Gestalt einer Pomeranze. Doch ist bei der Erde die Umdrehungsachse nur um $1/_{300}$ kürzer als ihre größten durch den Aequator gehenden Durchmesser.



Die erste Erstarrungskruste der Erde, aus lauter erstarrten Schollen zusammengesetzt.

Da jedoch der Weltraum eine zwar nicht bestimmbare, jedenfalls aber sehr niedrige Temperatur, sicher unter — 50 Grad besitzt, so

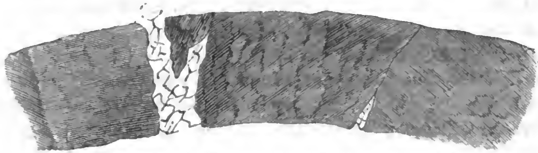
mußte der heißflüßige Erdball, dessen Temperatur nach den an der jetzigen Oberfläche bekannten Stoffen zu urtheilen + 2000 Grad auf alle Fälle überstieg, fortwährend durch Wärmeausstrahlung in den Weltraum kälter werden. Dadurch begann an seiner Oberfläche eine Erstarrungskruste sich zu bilden, gleich einer Eisdecke auf Wasser. Da aber Flut und Ebbe, hervorgebracht durch die Anziehung des Mondes und der Sonne, in der durchaus flüssigen Erdmasse beständige Bewegungen erzeugten, so konnte diese Krustenbildung nicht ohne fortwährende große Zertrümmerung erfolgen. Viele Male wird die noch dünne Decke in Schollen zersprengt worden sein, die immer und immer wieder aufs Neue sich zu vereinigen strebten, und lange nicht eine dauernde Erdfeste zu bilden vermochten, bis endlich die immer weiter vorgeschrittene Abkühlung eine so mächtige aus zusammengebackenen Schollen bestehende Decke hervorbrachte, daß diese wenigstens nicht mehr in vereinzelten Schollen zersprengt, sondern nur noch hier und da zerspalten werden konnte.

So sind wir allmälig zu einer den flüssigen Kern rings umschließenden festen Hülle gelangt, welche selbst wieder von der damaligen Atmosphäre umgeben war. Aber Wasser gab es noch nicht. Dieses konnte sich erst bilden, als die Abkühlung der Oberfläche so weit vorgeschritten war, daß ihre Wärme den Siedepunkt, unter dem damals wahrscheinlich viel höhern Atmosphärendruck, nicht überstieg.

Durch weitere Abkühlung nahm die Kruste fortwährend nach innen an Dicke zu, wie die Eisdecke eines Teiches bei andauernder Kälte. Sobald nun aber den Bestandtheilen des Wassers die Möglichkeit geboten war, sich zu Wasser zu vereinigen, wird auch an der äußern Oberfläche die chemisch und mechanisch zerstörende Wirkung desselben begonnen haben. Was es an dem einen Orte auflöste oder mechanisch losriß, lagerte es am andern wieder ab. Dadurch entstanden die ersten aus Wasser abgelagerten sogenannten Sedimentärgesteine oder Schichtgesteine, und es ist kein Wunder, wenn diese (die ersten nämlich) eine sehr einförmige Zusammensetzung zeigen, da sie nur sehr gleichartiges Material zur Zerstörung und Wiederablagerung vorfanden.

Die Zersprengungen der starren Kruste dauerten aber dabei ebenfalls fort, hervorgebracht theils immer noch durch die Schwan-

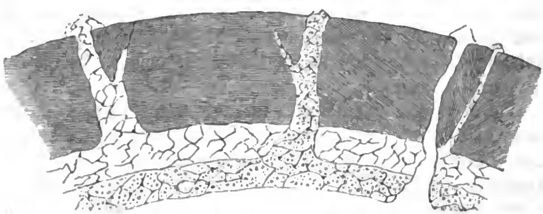
kungen der Anziehung von Mond und Sonne, theils durch die Zusammenziehung der mehr und mehr erkaltenden Kruste, welche



Durchbrechung von Eruptivsteinen durch die erste Erstarrungskruste.

durch diese Zusammenziehung — dieses Kleinerwerden — der Hohlkugel nothwendig etwas von ihrer Füllung auspressen mußte. Diese Auspressungen erstarrten theils in, theils über den aufgerissenen Spalten, und bildeten auf diese Weise sogenannte Eruptivgesteine — Granite, Porphyre, Grünsteine, Basalte u. s. w. —, von denen die feste Erdkruste so vielfach durchsetzt ist.

Da gleichzeitig im Innern die Erkaltung immer weiter vorschritt, so mußten nothwendig jene Eruptivmassen mit der Zeit aus immer tieferen Regionen hervorkommen. Wenn nun aber, wie sehr wahrscheinlich, in der heißflüssigen Kugel sich die Bestand-

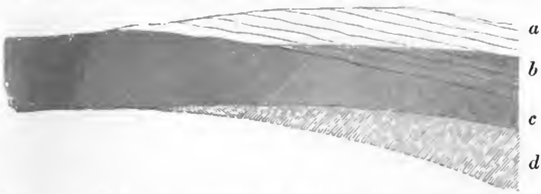


Ungleiche Tiefe des Ursprungs ungleich alter Eruptivsteine.

theile einigermaßen nach ihrem specifischen Gewicht gesondert hatten, so ist es nur natürlich, daß die später hervordringenden — neueren — Eruptivgesteine auch etwas anders zusammengesetzt sind als die älteren. Das erklärt zum Theil den Unterschied der in den verschiedenen Zeiträumen lavaartig ergossenen Eruptivgesteine.

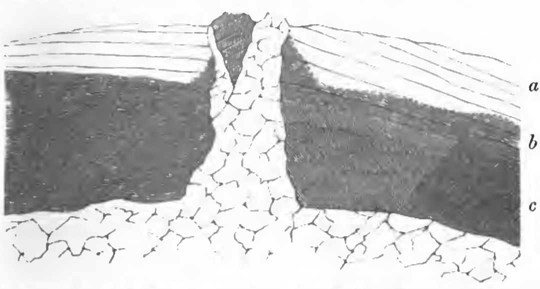
An die Oberfläche zurückkehrend, finden wir hier das Wasser in fortdauernder Bewegung und dadurch in geologischer Thätigkeit. Wenn in irgend einem Erdtheile, nach vorhergehender tiefer Sen-

kung desselben, seine Ablagerungen sehr große Dicke erlangt hatten, dann verhinderten sie die früher hier erfolgte Wärmeausstrahlung der ursprünglichen Oberfläche in gewissem Grade, und konnten so ein



Emporsteigen der Wärme unter dicker Bedeckung von Schichtgesteinen, sowie dadurch bedingte Umschmelzung und Umwandlung. — *a* Schichtgesteine, *b* krystallinisch gewordene Schichtgesteine, *c* Erstarrungskruste, *d* wieder eingeschmolzener Theil der Erstarrungskruste.

lokales Steigen der Temperatur unter sich bis zu dem dem gegenwärtigen Niveau entsprechenden normalen Wärmezustande veranlassen, indem sich hier allmälig dieselbe nach innen zunehmende Wärmescala wiederherstellte, wie daneben in den Gegenden, wo es noch keine Ablagerungen oder wenigstens nicht so mächtige gab, weil die feste Kruste nicht so tief hinabgesunken und mit Wasser bedeckt worden war. Das Sinken kann dabei ein schnelles oder ein sehr allmäliges gewesen sein. Dadurch aber mußte nicht nur ein Theil der früher gebildeten Erstarrungskruste von innen heraus wieder eingeschmolzen werden, sondern es konnten auch leicht die darüber abgelagerten Schichtgesteine durch sehr lange dauernde Wärmeeinwirkung unter hohem Druck wesentlich verändert und



Umwandlung der Schichtgesteine durch mächtige, sie durchbrechende Eruptivgesteinsmassen. — *a* Schichtgesteine, *b* umgewandelte Schichtgesteine, *c* Erstarrungskruste.

namentlich aus einem mechanisch agglomerirten in einen krystallinischen Zustand versetzt werden. Dies ist zugleich eine Erklärung der Entstehung der krystallinischen Schiefergesteine, wie Gneiß, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer u. s. w.

Aber auch diese abgelagerten Gesteine, die nach und nach, bald mehr hier, bald mehr dort, die ganze ursprüngliche Oberfläche bedeckten, wurden zerspalten und von Eruptivgesteinen durchsetzt, und wo dies in sehr großartigem Maßstabe geschah, da traten ähnliche Einwirkungen und Umwandlungen auch neben den mächtigen Eruptivmassen ein, welche zugleich die durchbrochenen Schichten aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage verrückten, zersprengten, aufrichteten und vielfach falteten. S. die letzte Figur.

Die Eruptivgesteine sind durch ihr gewaltsames Hervordrängen aus der Tiefe zugleich die Ursache der Berge und Gebirge geworden, wie wir das in einem spätern Abschnitt specieller besprechen wollen.

Die Hypothese, die wir hier nur in ihren allgemeinsten Umrissen dargestellt haben, erklärt zugleich, warum die Versteinerungen der älteren Perioden — der ältesten abgelagerten Formationen — von solcher Organisation sind, daß sie auf ein allgemein wärmeres Klima der ganzen Erdoberfläche und auf gar keine zonenartig vertheilten Temperaturunterschiede schließen lassen, weil damals die Innentemperatur alle Sonnenwirkung noch überwiegen mußte, und sie steht zugleich in vortrefflicher Harmonie mit der Thatsache, daß noch jetzt die Temperatur des Erdinnern nach der Tiefe überall zunimmt, und zwar, so weit die Beobachtungen reichen, auf je 100 Fuß etwa um 1 Grad des hunderttheiligen Thermometers.

Endlich sind auch alle vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart wie der Vergangenheit durchaus am einfachsten unter Zugrundelegung jener Hypothese erklärbar, wie wir im nächsten Abschnitte ausführlicher sehen werden.

Die Geologen, welche obiger Hypothese huldigen, haben sich nun wiederholt die Fragen gestellt: Schreitet diese Abkühlung der Erde noch jetzt vor? — Wenn es der Fall ist, wie schnell schreitet sie vor? — Wie dick ist gegenwärtig die erstarrte Kruste? — Und was wird das endliche Resultat dieser fortschreitenden Erkaltung sein? Diese Fragen lassen sich, unter der Voraussetzung der Rich-

tigkeit der Hypothese überhaupt, zum Theil wol beantworten, wenn auch nicht mit genauen Zahlenwerthen.

Die Abkühlung schreitet allerdings noch jetzt fort, wenn auch vielleicht nicht mehr durch allgemeine Ausstrahlung in den Weltraum, so doch ganz sicher durch lokale Vorgänge. Durch allgemeine Ausstrahlung wahrscheinlich deshalb nicht mehr, weil der Verlust durch diese stets durch Sonnenbestrahlung aufgewogen wird.

Jeder Lavastrom entführt aber dem Erdinnern eine kleine Quantität Wärme, die durch Nichts wieder ersetzt wird; jede warme oder heiße Quelle bringt fortwährend eine gewisse Wärmemenge aus der Tiefe an die Oberfläche, und auch diese konstanten kleinen Wärmeverluste werden durch Nichts ersetzt, denn die Sonnenwärme dringt allen Beobachtungen zufolge in solche Tiefen nie ein, aus welchen jene Wärmequellen entspringen.

Eine Wärmeveränderung des Erdinnern muß demnach nothwendig noch jetzt stattfinden, aber sie kann im Verhältniß zu dem vorhandenen Wärmequantum in beobachtbaren Zeiträumen so gering sein, daß sie sich mit unsern Apparaten nicht messen, sondern nur theoretisch als stattfindend bestimmen läßt. Und in der That, so gering ist sie, welcher Satz zugleich eine Beantwortung der zweiten Frage enthält. Es ist bis jetzt noch keine Art von Messung der Wärmeabnahme gelungen, man hat nur ihr mögliches Maximum auf folgende sehr sinnreiche Weise zu bestimmen vermocht.

Die ältesten astronomischen Bestimmungen, aus welchen sich die Umdrehungszeit der Erde um ihre Achse, also die Tageslänge, berechnen läßt, rühren von dem Astronomen Hipparchos her, der vor 2000 Jahren in Alexandria lebte. Aus ihnen ergibt sich, daß diese Umdrehungszeit sich seitdem noch nicht um den hundertsten Theil einer Zeitsekunde verändert hat. Nun läßt sich aber nachweisen, daß eine mindestens so große Veränderung eingetreten sein müßte, wenn sich die Gesammttemperatur der Erde seit jener Zeit auch nur um $^1/_{170}$ eines Thermometergrades vermindert hätte, denn jede Abkühlung ist mit einer Verkleinerung der Körpervolumina verbunden; jede Verkürzung der Erddurchmesser würde aber nach mechanischen Gesetzen eine Beschleunigung ihrer Umdrehung zur Folge haben, und man hat berechnet, daß $^1/_{170}$ Grad Tem-

peraturverminderung nothwendig schon eine Verkürzung der Tageslänge um $1/_{100}$ Zeitsekunde verursachen würde, die nun eben seit 2000 Jahren nicht stattgefunden hat, weshalb also seit dieser Zeit die Erde in ihrer Totalität nicht um $1/_{170}$ Grad kälter geworden sein kann.

Daraus ergibt sich, daß die Abkühlung der Erde nur äußerst langsam fortschreiten kann, ohne daß es möglich wäre, dieses Fortschreiten wirklich durch Zahlen auszudrücken.

Wollten wir annehmen, die Gesammttemperatur der Erde wäre nur +500 Grad, was nach unserer Hypothese vom heißflüssigen Innern sicher viel zu wenig ist, und die Größe ihrer Abkühlung betrüge in 2000 Jahren wirklich soviel als das mögliche Maximum, nämlich $1/_{170}$ Grad, was wahrscheinlich zu viel ist, so würde dennoch zur Abkühlung der Gesammterdmasse bis auf 0 Grad — ohne Berücksichtigung der der Oberfläche stets zuströmenden Sonnenwärme — nach obigen Unterlagen ein Zeitraum von 170 Millionen Jahren nöthig sein, welcher Zeitraum indessen eben nur ein ganz gewiß zu niedrig bestimmtes Minimum genannt werden darf.

Die dritte Frage, die wir oben stellten, war die: Wie dick ist wol jetzt die Erstarrungskruste?

Vorausgesetzt, die im Erdinnern beobachtete Wärmezunahme wäre wenigstens bis zur Grenze des flüssigen Zustandes eine ganz gleichmäßige, so würde ungefähr bei $5^1/_4$ Meile Tiefe der Wärmegrad zu finden sein, bei welchem Lava schmilzt, und bei 10 Meilen Tiefe würden sicherlich die meisten Gesteine, die wir kennen, sich im geschmolzenen Zustande befinden müssen.

Hiernach könnte also die Dicke der erstarrten Kruste nur etwa 10 Meilen betragen. Aber es ist nicht wahrscheinlich, daß die Temperatur im Erdinnern ganz gleichmäßig zunimmt, ja in einzelnen Fällen hat man bereits eine kleine Abnahme der Zunahme mit der Tiefe beobachtet. Dazu kommt noch, daß auch der hohe Druck möglicherweise die Schmelzbarkeit der Stoffe sehr vermindern kann, genug, es ist schon aus diesen Umständen wahrscheinlich, daß die Dicke der starren Erdkruste größer ist als 10 Meilen. Nun hat man aber auch auf astronomischem Wege, durch Berechnungen, die auf die Nutation der Erdachse und die Präcession der Nachtgleichen gegründet sind, diese Dicke zu bestimmen gesucht. Durch diese Berechnungen hat man eine Dicke der festen Kruste von

200 Meilen gefunden; aber auch sie ist keineswegs zuverlässig, da man — was hierfür nöthig wäre — die verdichteten Wirkungen hohen Druckes und die ausdehnenden Wirkungen sehr hoher Hitzgrade nicht kennt. Man hält diesen Werth deshalb für zu hoch, und die Geologen nehmen, die Thatsachen ungefähr abschätzend, an: daß die Dicke der festen Erdkruste 20—50 Meilen betragen möge.

Die vierte der obigen Fragen: Was wird das endliche Resultat dieser fortschreitenden Abkühlung sein? läßt sich in gewisser Beziehung am vollständigsten beantworten, da es sich hierbei gar nicht um bestimmte Zahlenwerthe handelt.

Dieses endliche Resultat wird nämlich gänzliche Erstarrung des Erdinnern sein. Ob dazu 170 Millionen oder ebenso viel Billionen Jahre nöthig sind, das geht uns hier gar Nichts an, es handelt sich nur darum, was das endliche Resultat des Vorganges sein wird, wenn er so fortschreitet, wie er jetzt besteht, was freilich wieder nicht ohne Weiteres vorausgesetzt werden darf, da bei einer gewissen Dicke der starren Kruste alle vulkanische Thätigkeit unmöglich werden könnte, und da mit dem Aufhören des vulkanischen Processes auch die wichtigste Modalität des Wärmeverlustes aufhören würde.

Man könnte nun meinen, durch diese steten Wärmeverluste allein schon müsse die Erde mit der Zeit wegen Wärmemangel unbewohnbar für Organismen werden. Das ist aber nicht nöthig. Die vulkanische Thätigkeit und Alles, was damit in inniger Verbindung steht, so z. B. die heißen Quellen, müssen wol endlich aufhören. Aber die Temperatur der äußern Oberfläche der Erde ist schon jetzt nur von der Sonnenbestrahlung abhängig. Die Innenwärme der Erde liefert dazu keinen wesentlichen Beitrag mehr, wie es in früheren Erdperioden allerdings der Fall gewesen zu sein scheint. Daher wird denn auch die Gesammttemperatur des Erdkörpers nie unter die mittlere Temperatur seiner Oberfläche herabsinken können, weil darunter hinab kein Wärmeverlust mehr denkbar ist.

Sollte indeß wirklich einst alle vulkanische Thätigkeit des Erdkörpers erlöschen, so würde es eine unvermeidliche Folge davon sein, daß der ununterbrochene Nivellirungsproceß des Wassers in ihr kein Gegengewicht mehr fände. Es würden also dann alle Unebenheiten, alle Hervorragungen, alle Berge und Gebirge, ja

alle Festländer allmälig durch das Wasser zerstört und die Vertiefungen des Oceans mit den Zerstörungsprodukten ausgefüllt werden, ohne daß neue Formen der Art aufs Neue durch vulkanische Thätigkeit hervorgebracht würden, sodaß dann endlich wieder (wie im Anfang nach der Entstehung des Wassers vielleicht eine Zeit lang) die ganze Oberfläche der Erde vom Meere bedeckt würde.

Aber wie viel Zeit würde das Wasser zu einer so vollständigen Nivellirung bedürfen! Jedenfalls so viele Trillionen Jahre, daß es unmöglich ist, sich irgend eine bestimmte Idee von einem so großen Zeitraume zu machen, der für menschliche Auffassung der Ewigkeit beinahe gleich zu setzen ist.

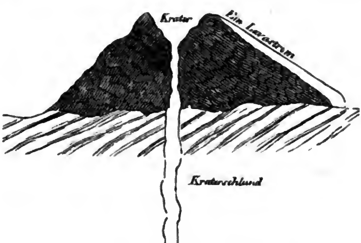
II.

Vulkane.

Aeußere Formen der Vulkane. — Auswurfskegel und Erhebungskegel. — Vertheilung der Vulkane. — Zustand der Ruhe und Zustand der Thätigkeit. — Eruption. — Lavaergießung. — Veränderung der Form der Vulkane durch Ausbrüche. — Entstehung neuer Vulkane und vulkanischer Inseln. — Insel Ferdinandea. — Andere neue Inseln. — Schlammvulkane. — Erdbeben. — Theorie der vulkanischen Thätigkeit.

Im innigsten Zusammenhang mit der im vorigen Abschnitt entwickelten allgemeinen Erdbildungshypothese steht die Ansicht, nach welcher die Vulkane konstante Verbindungswege zwischen dem noch heißflüssigen Erdinnern und der Erdoberfläche sind.

Wir wollen jedoch zunächst uns etwas näher mit den wichtigsten Eigenschaften der Vulkane und ihrer Thätigkeitsart bekannt zu machen suchen, ehe wir diese Erklärungsweise auf sie anwenden.



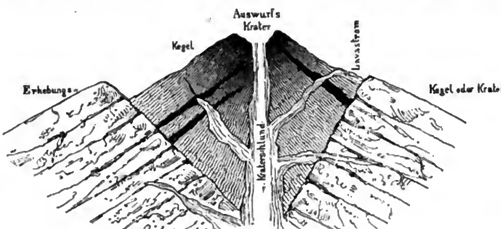
Idealer Durchschnitt eines Vulkans.

Zu den allgemeinsten äußeren Charakteren der Vulkane gehört ihre Kegelform und die Krater genannte, trichterförmige Einsenkung, welche im thätigen, nach dem Ausdruck des gemeinen Lebens „feuerspeienden“ Zustande mit einem tief in die Erde eindringenden Schlund in Verbindung steht, der Art, daß ein idealer Querschnitt beinahe jedes Vulkanes sich ungefähr wie unser Bild ausnehmen würde.

Die Höhe und die Steilheit des Kegels, die Weite und Tiefe des Kraters sind bei den einzelnen Vulkanen außerordentlich verschieden, wie das durch nachstehende wenige Beispiele besonders anschaulich werden dürfte.

Vulkane.	Höhe in Fuß		Steigung der Seiten in Graden.	Krater.	
	des Gipfels üb. d. Meer.	des Kegels üb. s. Basis.		Tiefe in Fuß.	Durchm. in Fuß.
Koosima, in der Sampastraße	696	etwas mehr	—	—	—
Volkano, liparische Insel .	1224	etwas mehr	25—30°	600	3000
Stromboli, liparische Insel	2775	etwas mehr	30°	—	2000
Vesuv, bei Neapel . . .	3600	3500	10—30°	—	1870
Kirauea, auf Hawai . .	3650	3600	—	1000	15,000
Aetna, auf Sicilien . .	10,200	10,000	15—35°	—	1500
Pik von Teneriffa . . .	11,400	11,400	25—35°	120	600
Mouna-Roa, auf Hawai .	12,690	—	—	1200	8000
Toluka, in Mexico . . .	14,220	8000	—	1150	3000
Klutschewskaja-Sopka . .	14,790	etwas mehr	—	—	2220
Popokatepetl, in Mexiko .	17,290	8000	20—25°	1000	2700
Pichincha, in Quito . .	17,650	6000	—	1500	5000
Kotopaxi, in Quito . .	17,900	9000	25—30°	—	—
Akonkagua, in Chile . .	21,770	8000	—	—	—

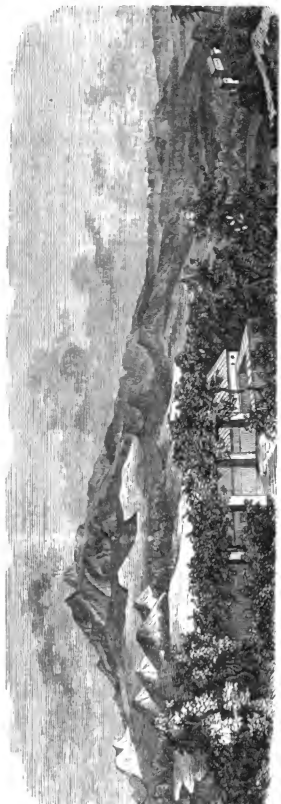
Untersucht man nun etwas näher den innern Bau dieser Kegelberge, so ergibt sich, daß dieselben größtentheils aus ausgeschleuderten Schlackentheilen und ausgeflossenen Lavaströmen bestehen. Oft sind die eigentlichen Vulkankegel nur aus solchen um den Krater herum angehäuften Massen gebildet, und in diesem Falle nennt man sie Aufschüttungs- oder Auswurfskegel oder Auswurfs-



Idealer Durchschnitt eines Vulkans.

krater, voraussetzend, daß sie, wie die Steinhalde eines Grubenschachtes, durch allmälige Anhäufung dieses Materials um den vulkanischen Schlund herum aufgebaut seien.

Zuweilen kann man aber deutlich erkennen, daß wenigstens ein Theil dieser Berge durch Erhebung früher in tieferem Niveau vorhanden gewesener vulkanischer oder auch nichtvulkanischer Gesteinsmassen gebildet ist, und man nennt dann diesen Theil der Vulkanberge Erhebungskegel. Die größeren Vulkane bestehen wahrscheinlich in der Regel aus Erhebungskegeln mit aufgesetzten Auswurfskegeln. Dabei ist es jedoch noch sehr zweifelhaft, wie eigentlich die sogenannten Erhebungskrater sich bildeten und noch bilden. Frühere Geologen nahmen an, sie seien das Resultat plötzlicher, gewaltsamer Empordrängung oder Aufblähung eines Theiles der Erdkruste. Es ist aber wahrscheinlicher, daß diese Erhebungen und Aufrichtungen vorhandener Massen, insofern sie nicht blos das Resultat der Aufschüttung sind, sehr allmälig erfolgten und noch erfolgen, zum Theil vielleicht dadurch, daß immer mehr innere Zerspaltungen mit Lava erfüllt wurden und so das Volumen vermehrten. Der oft sehr beträchtliche Umfang der sogenannten Erhebungskrater spricht dafür, daß sie in dieser Ausdehnung niemals Auswurfskrater waren, sondern daß diese Ausdehnung durch Zusammenbrechen und Einstürzen eines früher sehr hohen Kegels in innerlich entstandene Hohlräume bedingt wurde, in welchem Falle man



Der Aetna von der Südostseite.

sie ebenso richtig Einstürzungskrater nennen könnte, den großen Pingen entsprechend, welche zuweilen Folgen des Bergbaues sind, oder den sogenannten Erdfällen vergleichbar, welche durch unterirdische Auswaschungen von mächtigen Steinsalzmassen entstanden.

So besteht z. B. beim Aetna (s. vorst. Abbild.) der eigentliche 9100 Fuß hohe Hauptberg aus offenbar im festen Zustande erhobenen, aber meist ebenfalls vulkanischen Gesteinen, während auf diesem dann ein nur etwa 1100 Fuß hoher Auswurfskegel mit dem Hauptkrater sich gebildet hat.

Ja, es finden sich auf den beiden Abhängen dieses mächtigen Vulkans, der für sich ein Gebirge bildet, noch gegen 700 kleinere Auswurfskegel, die zum Theil auch mit besonderen kleineren Kratern versehen sind, und deren Höhe zwischen 50 und 700 Fuß schwankt.

Wenn also, wie das mehrfach der Fall ist, die erhobenen Schichten um den Auswurfskegel noch einen zweiten mehr oder weniger geschlossenen koncentrischen Wall bilden, wie z. B. die Somma um den Vesuvkegel, so nennt man diesen Wall Erhebungskrater. Es sind dies interessante Unterscheidungen, die wir den scharfsinnigen Beobachtungen Leopold von Buch's zu danken haben.

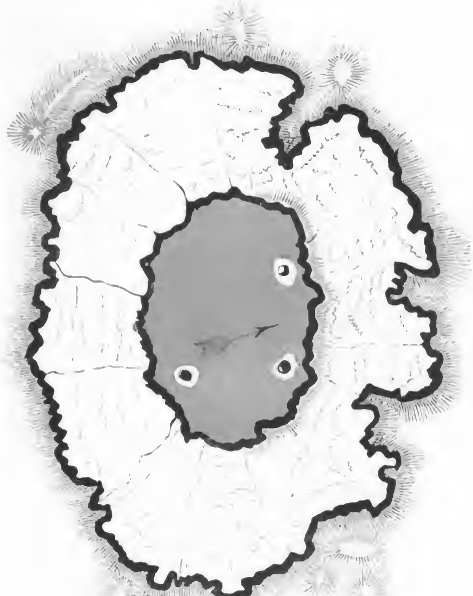
Die Erhebungskrater erreichen zuweilen einen so ganz außerordentlichen Durchmesser, daß sie schon dadurch sich von den Auswurfskratern unterscheiden und sehr an die Ringgebirge der Mondoberfläche erinnern.

Beispielsweise lasse ich hier noch die Schilderung und Abbildung eines Auswurfskraters folgen. Es ist die, welche v. Müller nach seiner am 18. Jan. 1857 ausgeführten Besteigung des Popokatepetl in Mexiko entworfen hat. v. Müller sagt darüber:

„Im Gegensatz zu dem grausenhaft großartigen Schlunde des Orizaba bot der zu meinen Füßen liegende Krater ein sehr freundliches, durch die bunten Farben des Gesteins überraschendes Bild dar; lediglich das unheimliche Brausen, welches sich vom Grunde des Kraters aus vernehmen ließ und mit den dichten Rauchwolken der Respiraderos zu uns aufstieg, widersprach dem scheinbar harmlosen Charakter des Bildes.

„Ich befand mich an der Nordseite des Schlundes. Zu beiden Seiten von mir waren schwarze Granitfelsen (wol Trachyt?) aufgethürmt, welche durch einen Ueberzug von Lava wie

verglast erschienen, und aus deren Spalten dicke Schwefeldämpfe aufstiegen. Die Wände des Kraters sind vollständig senkrecht, mit Ausnahme des Punktes, auf dem ich stand und die nachstehende Skizze entwarf.



Plan des Kraters des Vulkans Popocatepetl.

„Die Vorsprünge der Felsen der uns gegenüber liegenden Schattenseite waren mit Schnee bedeckt; mit Ausnahme dieser vom Schnee herrührenden weißen Stellen waren die Wandungen des Kraters von dem sie überziehenden Schwefel lebhaft gelb gefärbt, namentlich an der östlichen Seite ist die Schwefelkruste sehr mächtig und rein. Die bereits erwähnten Respiraderos sind Oeffnungen

in dem gegenüber liegenden Boden des Kraters, aus welchem beständig eine große Masse von flüssigem Schwefel hervorkocht, welcher an der Luft alsbald in regelmäßigen Krystallen anschießt. Solcher Respiraderos beobachtete ich drei größere, von welchen sich zwei auf der nördlichen Seite und einer in der südlichen Ecke befinden. Kleinere gibt es viele, und mögen sich diese Ventile des unterirdischen Feuers häufig genug verändern. Die Masse des hier sich bildenden Schwefels ist außerordentlich groß, und derselbe wird von Indianern gewonnen."

Die Vulkane sind nicht gleichmäßig und auch nicht nach bestimmten Regeln über die Erdoberfläche vertheilt. Rücksichtlich ihrer Vertheilung findet durchaus keine allgemeine Beziehung zur Form der Erde oder zu klimatischen Zonen statt. Man kennt sie unter allen Breitengraden, die bis jetzt von Menschen besucht wurden, am Aequator wie in der Nähe der Pole, in der nördlichen wie in der südlichen Hemisphäre. Sie gehören zu den allgemeinen Eigenschaften des Erdkörpers. Mehrere tausend Vulkane sind bereits bekannt, und diese erscheinen in vieler, doch nicht in jeder Beziehung unregelmäßig über die Erdoberfläche vertheilt.

Folgendes sind die Regeln der Vertheilung, die bis jetzt erkannt wurden:

1) Sie sind häufiger an den Meeresküsten, auf Inseln oder auf dem Boden des Meeres, als tief im Innern der Kontinente. Unter den genauer bekannten liegen nur sehr wenige über 30 Meilen vom Meere entfernt.

2) Es finden sich gewöhnlich mehrere beisammen in einer vulkanischen Gegend, und wo sich

3) mehrere beisammen finden, da zeigen sie sich theils um einen Mittelpunkt gruppirt, als Centralvulkane, theils in langen Reihen hinter einander, als Reihenvulkane.

Centralgruppen bilden z. B. die italienischen Vulkane und die der Kanarischen Inseln; Reihenvulkane die der Andeskette und des Inselgürtels vor den Ost- und Südküsten Asiens.

L. v. Buch sagt von diesen Reihenvulkanen sehr treffend: sie liegen wie besondere Oeffnungen auf langen Spalten. Nach diesen wenigen Bemerkungen über die Form- und Vertheilungsverhältnisse der Vulkane wollen wir ihre Thätigkeitsweise etwas näher in's Auge fassen.

Man unterscheidet an den Vulkanen einen Zustand verhältnißmäßiger Ruhe und den der Thätigkeit oder Eruption.

Der Zustand der Ruhe ist bei den Vulkanen in der Regel kein vollkommener Stillstand ihrer Thätigkeit. Immer noch hauchen sie allerlei Dämpfe und Gase aus, Rauchsäulen steigen aus den Spalten des Kraters oder der Abhänge empor, und die Temperatur ihres Gipfels ist oft eine höhere als die mittlere der Gegend. Aber der Kraterschlund ist geschlossen, er ist ausgefüllt mit erstarrter Lava oder mit Schlackenhaufwerk; der Krater zeigt an seiner Stelle einen eingeebneten Boden, den man betreten kann. Man nennt solche Krater zuweilen Solfataren, nach dem berühmten, schon lange unthätigen Krater dieses Namens in der Nähe von Neapel. Jene Dämpfe und Gasarten, welche die sogenannten Fumarolen und Mofetten bilden, bestehen größtentheils aus Wasserdampf, Schwefelwasserstoffgas, schwefeliger Säure (Schwefeldämpfe), Chlorwasserstoff und Kohlensäure.



Oeffnung des Kraterschlundes.

Bei manchen Vulkanen scheint indessen der Ruhestand ein dauernder geworden zu sein, auch die Dampfausströmungen haben

bei ihnen aufgehört, nur warme Quellen und kohlensaure Gasquellen entspringen noch häufig in ihrer Nähe. Diese nennt man **erloschene Vulkane.** Dergleichen finden sich auch in Deutschland, in der Eifel am linken Rheinufer und sehr schön im centralen Frankreich. Sie schließen sich eng an die nahe verwandten Basaltkegel an, denen jedoch Krater und Lavaströme fehlen.

Wenn nun ein Vulkan aus dem Zustande der Ruhe in den der besondern Thätigkeit oder Eruption übergeht, so pflegt er das in der Regel durch unterirdisches Getöse, durch donnerähnliche Detonationen und durch heftige Erschütterungen des Bodens zu verkünden.

Hierauf öffnet sich der Kraterschlund, indem gewaltige Dampfmassen die darin angehäuften Lava- und Schlackentheile mit großer Energie hinausschleudern. Hinter diesen Dampfmassen steigt dann allmälig oder ruckweise in dem geöffneten Schlund eine glühend flüssige Lavasäule auf. Sie füllt den Krater, bildet in ihm einen flüssigen See. Aber Dampfmassen drängen sich fortwährend durch sie empor, reißen Theile davon mit in die Luft und bilden so über dem Krater eine aufsteigende Säule, bestehend aus Dämpfen, Schlackenstücken und feinen Lavatheilchen, sogenannter vulkanischer Asche. Diese aufsteigende Säule erreicht je nach der Energie und Spannung der empordrängenden Dämpfe eine ungleiche Höhe, zuweilen von mehreren 1000, ja bis 7000 Fuß. Oben breitet sich diese Säule — garben- oder pinienartig nach allen Richtungen, oder vom Winde getrieben — vorzugsweise nach einer Seite hin aus, die Schlacken und die Aschentheilchen fallen auf die Abhänge des Berges nieder, oder werden, von Stürmen erfaßt, viele Meilen weit fortgetrieben, um erst in andern Ländern oder auf die Oberfläche des Meeres niederzufallen.

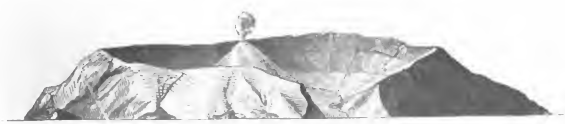
Die glühenden Schlacken, und mehr noch der Wiederschein des glühenden Lavasees im Innern des Kraters, geben dieser Dampf- und Aschensäule bei Nacht das Ansehen einer hohen Feuersäule, ohne daß eigentliche Flammen in ihr vorhanden sind. Auch bei starkem Wind bleibt diese Feuersäule senkrecht, und schon aus diesem Umstande geht hervor, daß sie nicht aus Flamme bestehen kann, sondern wesentlich nur vom Wiederschein des glühenden Lavasees herrührt.

Gleichzeitig pflegt durch den aufsteigenden Dampf- und Aschenstrom eine große Menge Elektricität frei zu werden, Blitze durchzucken ihn nach allen Richtungen, und ein fast ununterbrochenes Donnern verkündet diese vulkanischen Gewitter auch während der Tageshelle. Oft sind damit wolkenbruchähnliche Wassergießungen verbunden, die sich mit Schlacken und Asche vermischt als wahre Schlammfluten über die Abhänge des Berges ergießen; solchen Schlammströmen verdankten Pompeji und Herculanum ihren Untergang. Das Resultat derselben sind sogenannte vulkanische Tuffablagerungen.



Ausbruch des Vulkanes der Barreninsel im bengalischen Meerbusen.

Neuerlich hat v. Liebig d. j. von der Barreninsel die nachstehende, das Ganze derselben übersichtlich darstellende Abbildung geliefert, die einen prachtvollen, sogenannten Erhebungskrater zeigt.



Barreninsel nach v. Liebig.

Erreicht der Lavasee an irgend einer Stelle den Rand des Kraters, oder sind in dem Berge Spalten aufgerissen, so ergießt sich über den Rand, oder durch diese Spalten, die Lava als ein glühender Strom über den Abhang des Berges.

Die Lava fließt am Abhange hinab und während des Fließens erstarrt sie allmälig, sich stets mit Schlackenkrusten umgebend, die durch die Bewegung des Fließens immer wieder zerrissen und zertrümmert werden, sich aber stets wieder aufs Neue bilden, bis endlich die Erkaltung so weit vorgeschritten ist, daß nun der ganze



Das Innere des Vesuvkraters im Jahre 1843, nach einer Zeichnung von H. Abich.

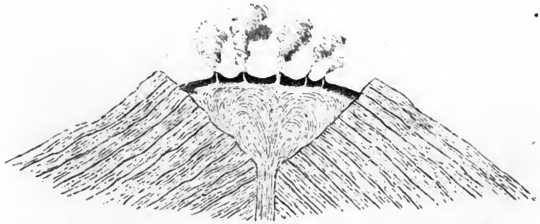
Lavastrom als eine feste Steinmasse auf dem Abhang und am Fuße des Berges liegen bleibt.

Die Dauer solcher Eruptionen und Lavaergießungen ist sehr ungleich, sie kann in wenigen Tagen vollendet sein, aber auch Monate lang währen. Diese Schilderung stellt überhaupt nur den mittlern Verlauf der Eruptionsthätigkeit der Vulkane dar, während fast jede Eruption ihre besondern Erscheinungen und Abweichungen vom mittlern Verlaufe darbietet.

Wir wollen einige dieser besondern Erscheinungen hier weiter besprechen.

Es scheint, daß die Ausbrüche der Vulkane im Allgemeinen um so häufiger und um so weniger energisch sind, zu je geringerer Höhe sich die Feuerberge erheben, und im Gegentheil um so seltener, aber zugleich großartiger, zerstörender, je höher ihre Gipfel über den Meeresspiegel aufragen. Bei den kleineren Vulkanen findet die Lava gewöhnlich ihren Abfluß über den Kraterrand, bei den größeren bricht sie häufiger aus seitlichen Zerspaltungen des Berges hervor, über denen sich dann sehr oft neue kleinere Eruptionskegel bilden, die selbst zuweilen wieder mit Kratern versehen sind. Am Aetna haben sich, wie schon erwähnt, im Laufe der Zeit gegen 700 solcher Eruptionskegel gebildet, die wie Warzen die Oberfläche des Berges bedecken, während nur selten an diesem Vulkan sich Lavaströme über den Rand des obern Hauptkraters ergossen haben. Es ist das leicht begreiflich, wenn man bedenkt, welchen ungeheuern Druck eine 10,200 Fuß hoch über den Meeresspiegel gepreßte Lavasäule auf die Wände des Berges ausüben muß. Dieser große Druck ist denn auch die Ursache, daß die Lava aus Spalten, die am untern Theile des Berges entstehen, zuweilen gleich einer Fontäne hervorspritzt.

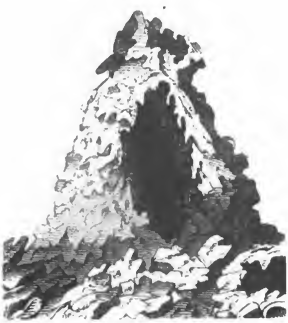
Wenn ein Krater längere Zeit mit Lava gefüllt bleibt, ohne daß große Dampfmassen daraus hervorbrechen, so bildet sich auf diesem Lavasee eine feste Schlackendecke; diese aber wird durch die in geringerm Maße stets nachdrängenden Dampf- und Lavamassen gewöhnlich aufgebläht und zersprengt. Auf den Spalten der festen Kruste erheben sich dann auf's Neue kleine Eruptionskegel und Krater, deren man zuweilen in einem Hauptkrater eine große Menge gezählt hat, und die sich zum Lavasee und seiner Kruste etwa ebenso verhalten, wie die Vulkane selbst zu dem heißflüssigen



Eruptionskegel und Krater auf den Spalten der festen Kruste des Lavasees im Krater.

Erdinnern mit seiner Kruste, was sich durch eine ideale Zeichnung etwa wie in vorstehender Abbildung darstellen ließe. Dieses Phänomen zeigte der Vesuv sehr schön im Jahre 1843, und wir verdanken H. Abich die vorstehende Abbildung davon (S. 24).

Einzelne kleinere dieser Lavaaustreibungen zeigten bei diesem Ausbruch die folgenden Gestalten.





Ganz besonders schöne kleine Eruptionskegel der Art wurden von A. v. Humboldt und andern Beobachtern auf dem Lavaplateau des im Jahre 1759 ganz neu entstandenen mexikanischen Vulkans Jorullo beobachtet und dort „Hornitos" (Oefen) genannt, weil sie noch viele Jahre nach der Lavaergießung Rauchsäulen ausstießen. Es ist dieser Jorullo überhaupt ein höchst interessanter Feuerberg, da er im Zeitraume weniger Tage sich 1550 Fuß über



Eruptionsschlackenkegel im Krater des Vesuvs.

eine Oberfläche erhob, die mit Mais-, Zuckerrohr- und Bananenfeldern bestellt war, und weil man an der außerordentlich mächtigen Lavaergießung die große Langsamkeit der Erkaltung so großer Massen sehr deutlich beobachten konnte. Im Jahre 1780, also 21 Jahre nach der Ergießung, war die Lava in den Spalten noch glühend; man konnte Cigarren daran anzünden. 44 Jahre später fand sie Bullock noch sichtbar dampfend, und 1846, also 87 Jahre nach dem Ausbruch, sah E. Schleiden, von dem die auf der folgenden Seite stehende Zeichnung herrührt, noch zwei Fumarolen aus ihr aufsteigen.

Der Jorullo ist auch häufig als ein Beispiel für die Lehre von der plötzlichen Erhebung ganzer Berge angeführt worden. E. Schleiden hat aber nachgewiesen, daß die plateauförmige Hauptmasse des Berges, das sogenannte Malpäx, auf welchem sich eben jene Hornitos finden, nicht als eine blasenartig erhobene Masse, sondern als eine sehr mächtige Lavaergießung anzusehen ist.

Sehr bedeutend sind auch oft die Veränderungen, welche während eines Ausbruches in der äußern Gestalt des Berges eintreten. Zuweilen stürzt der Gipfel, der Eruptionskegel, ganz oder theilweise ein, oder er wird höher, oder statt des eingestürzten entsteht



Der Vulkan Jorullo in Mexiko.

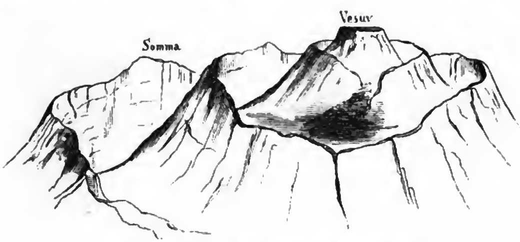
ein neuer. Der Versuv hat im Laufe der Jahrhunderte in dieser Beziehung sehr bedeutende Veränderungen seiner Gestalt gezeigt,



Die Somma des Vesuvs zu Strabo's Zeit.



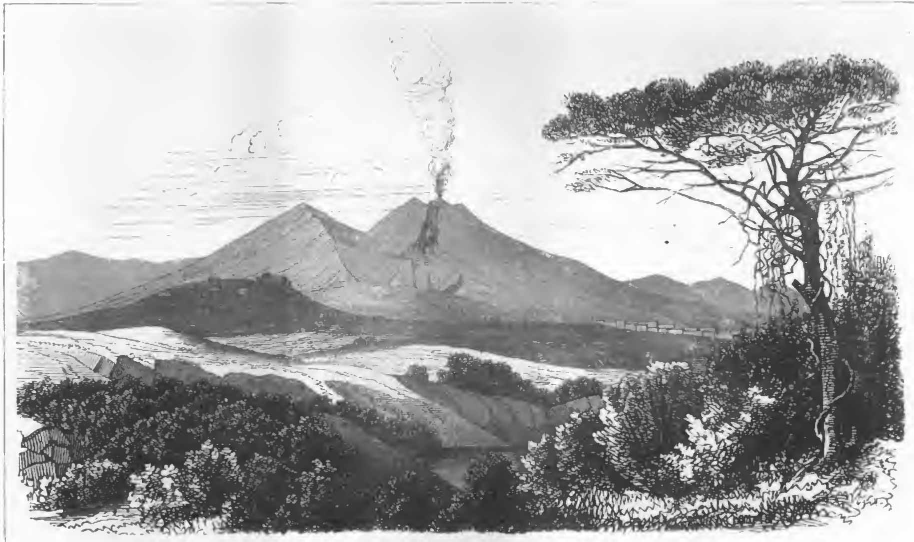
Die Somma des Vesuvs nach der Eruption zur Zeit des Plinius.



Somma und Vesuv im Jahre 1756 nach W. Hamilton.

welche wir am besten durch die vorstehenden drei Abbildungen versinnlichen können.

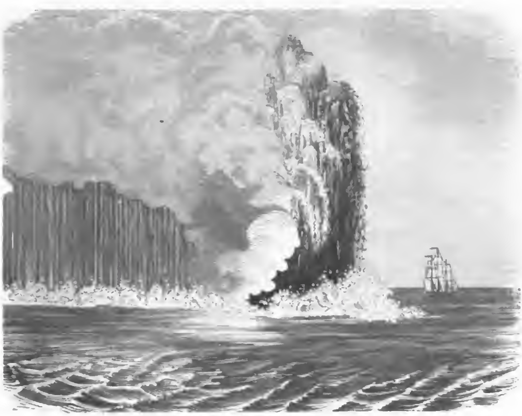
Nicht selten sind auch durch vulkanische Ausbrüche ganz neue



Die Somma des Vesuvs in der heutigen Zeit.

Inseln im Meere entstanden. So bildete sich im Jahre 1757, etwa 3 englische Meilen von Pondicherry, eine Insel von einer englischen Meile Durchmesser, aus deren Krater unter furchtbarem Getöse und unter Feuererscheinungen Asche, Sand und Bimsstein in solcher Menge ausgeworfen wurden, daß die Schiffe nur mit Mühe durch die schwimmenden Bimssteine ihren Kurs verfolgen konnten. Etwa einen Monat vor der großen Eruption des Skaptar-Jökul im Jahre 1783 erfolgte bei Island, 6 Meilen südwestlich vom Kap Reykianäs, eine submarine Eruption, bei welcher so viele Bimssteinstücke ausgeschleudert wurden, daß das Meer 25 Meilen weit damit bedeckt war, zugleich stieg eine Insel aus dem Meere empor, welche den Namen Nyöe (Neuinsel) erhielt, aber vor Jahresablauf wiederum verschwunden war und nur eine Bank von 5 bis 30 Faden Tiefe unter dem Meeresspiegel zurückließ.

In der Nähe der Azorischen Insel St. Michael haben sich dergleichen Ereignisse zu wiederholten Malen begeben; so werden z. B. von da submarine, mit Inselbildungen verbundene Eruptionen aus den Jahren 1638, 1691 und 1719 berichtet; der interessanteste, weil nach seinen besondern Umständen am genauesten bekannte Fall der Art ereignete sich jedoch im Jahre 1811, bei welchem die



Unterseeischer Ausbruch bei St. Michael im Jahre 1811.

vom Kapitän Tillard nach seinem Schiffe so benannte Insel Sabrina gebildet wurde, welche jedoch, wie die früher entstandenen Inseln, bald wieder von den Meereswellen zerstört wurde. Schon ein halbes Jahr lang war St. Michael von häufigen Erdbeben bewegt worden, welche sich am 31. Januar 1811 mit fürchterlicher Stärke wiederholten. Am 1. Februar verbreitete sich ein starker Schwefelgeruch, und man erhielt die Nachricht, daß bei dem Dorfe Ginetes, zwei englische Meilen weit draußen im Meere, Rauch und Feuer aufsteige; zugleich trieb der Wind Aschenwolken bis nach der 18 englische Meilen entfernten Stadt Ponta Delgada, wo sie sich auf die Häuser und Felder niedersenkten. Die aus dem Meere aufsteigende, von Asche und andern Auswürflingen gebildete Säule wurde viele Meilen weit gesehen, erschien bei Nacht wie eine Feuersäule und brachte das Meer in gewaltige Aufregung. Nach acht Tagen endigte diese Eruption, und der vorher 50 bis 80 Faden tiefe Meeresgrund war bis nahe unter dem Wasserspiegel erhöht. Am 13. Juni verkündigten Erdbeben das Eintreten einer neuen Eruption, welche $2\frac{1}{2}$ Meilen westlich von der ersten Stelle, unweit dem Vorgebirge Piko das Kamarinhas, erfolgte und am 17. Juni ihre größte Heftigkeit erlangte; eine gewaltige Säule von Asche und Rauch stieg periodisch, unter rasch auf einander erfolgenden Erschütterungen, viele hundert Fuß hoch aus dem Meere auf und breitete sich dann in dicken Wolken aus, denen zahlreiche Blitze entfuhren. Nach der Beendigung dieses Ausbruchs sah man eine etwa 300 Fuß hohe, an dem einen Ende kegelförmig zugespitzte, am andern Ende mit einem tiefen Krater versehene Insel, aus deren Krater Feuer aufstieg, obwol sein tiefster Rand zur Flutzeit unter Wasser stand. Als Kapitän Tillard die Insel besuchte, war ihre aus Asche und Schlacken bestehende Masse noch zu heiß, als daß man sie hätte erklimmen können; die See strömte bei der Flut mit Heftigkeit in den Krater ein, wo das Wasser unaufhörlich kochte; durch die fortgesetzten Auswürfe von glühenden Steinen, Sand und Asche wuchs der konische Berg auf der einen Seite des Kraters endlich zu 600 Fuß Höhe an. Dessenungeachtet aber war die Insel in den letzten Tagen des Februar 1812 wiederum völlig verschwunden.

Noch genauer sind die Berichte über die im Jahre 1831 im Mittelländischen Meere zwischen Sicilien und Pantellaria entstandene

Insel Ferdinandea, Julia oder Graham — sogar noch vier andere Namen erhielt diese bald wieder verschwundene Insel. Etwa 8 Meilen von Sciacca (an der sicilischen Küste) entfernt, erschien im Jahre 1831 mitten im Meere eine neue vulkanische Insel. Ihrer Erscheinung unmittelbar vorher gingen einige nicht sehr bedeutende Erdstöße, welche fünf Tage lang, vom 28. Juni bis zum 2. Juli, die Bewohner von Sciacca in Schrecken setzten. Man ahnte damals durchaus nicht die Bedeutung dieser Erdstöße; nach dem letzten derselben begann indeß wahrscheinlich der Ausbruch, welcher die neue Insel erzeugte, auf dem Meeresgrund an einer Stelle, welche nach zuverlässigen Angaben etwa 600 bis 700 Fuß tief war. Das erste Erscheinen der dadurch erzeugten Beunruhigung an der Oberfläche des Meeres war bereits am 8. Juli durch ein vorübersegelndes Schiff wahrgenommen worden; man beschrieb dieselbe wie das Erheben einer großen Wassermasse, welche unter donnerähnlichem Getöse etwa 10 Minuten lang aufwärts sprudelte und dabei eine Höhe von 80 bis 90 Fuß erreichte. Sie sank dann wieder und wiederholte sich auf derselben Stelle in unregelmäßigen Zeitabständen von 15, 22 bis 30 Minuten, während sich aus ihr eine dicke Rauchwolke entwickelte, welche den ganzen Horizont einhüllte. Die Aufregung des Meeres in der Umgebung war sehr groß; viele todte Fische schwammen umher.

An der Küste von Sicilien sah man am Morgen des 12. Juli zuerst eine große Menge kleiner, fein poröser Schlackenstückchen umherschwimmen, welche ein frischer Südwestwind herbeitrieb. Man roch gleichzeitig auffallenden und lästigen Schwefelwasserstoffgasgeruch. Am 13. Juli mit Tagesanbruch sah man am Meereshorizont eine hoch aufsteigende Rauchsäule und am Abend eine Feuererscheinung in derselben, welche die Bewohner von Sciacca nicht mehr zweifeln ließ, daß ein vulkanischer Ausbruch sich ereignet habe. Von Zeit zu Zeit hörte man ein donnerähnliches Getöse herübertönen. Friedrich Hoffmann, welcher, damals gerade in Sicilien anwesend, sich am 24. Juli der Eruption zur See bis auf eine Viertelstunde näherte und dem wir schon das Obige entlehnten, beschreibt die ganze Erscheinung ferner wie folgt: Wir sahen deutlich, daß die hervorgetretene, noch flache schwarze Insel den Rand eines kleinen Kraters von etwa 600 Fuß im Durchmesser bildete, welcher in fortwährenden Ausbrüchen begriffen war, und

sich dadurch sichtlich immer höher hervorarbeitete, indem die ausgeworfenen Massen sich regelmäßig und nur durch die Windrichtung modificirt um ihn aufschütteten. Aus der Mündung dieses Kraters stiegen zunächst ununterbrochen und mit großer Heftigkeit, doch geräuschlos, große Ballen von schneeweißen Dämpfen auf. Sich aneinander kettend und einander durchrollend, bildeten dieselben eine besonders im Sonnenschein überaus prächtige, glänzende Säule, deren Erhebung über das Meer wir mit Wahrscheinlichkeit auf 2000 Fuß schätzten. Durch diese geräuschlos stets emporwirbelnde Rauchsäule schossen dann und wann schnell vorübergehend schwarze Schlackenwürfe, welche die Dampfwolken mannigfach durch einander rollten; das Prachtvollste der ganzen Erscheinung zeigte sich in den von Zeit zu Zeit erfolgenden heftigern Ausbrüchen schwarzer Schlacken, Sand- und Aschenmassen. Unmittelbar unter und neben der weißen Rauchsäule erhob sich dann furchtbar drohend, oft bis zu 600 Fuß hoch und darüber, eine schwarze dichte Rauchsäule, welche an ihren obern Enden sich garbenförmig ausbreitete. In derselben war ein ununterbrochenes heftiges Arbeiten der stets von Neuem wieder hervorgeschleuderten Sand-, Aschen- und Steinmassen bemerkbar, welche zu Tausenden an ihrem Umfange rings umherflogen und herabstürzten. Jeder Stein, welcher durch den erhaltenen Schwung etwas weiter flog als die Hauptmasse, führte einen Schweif schwarzen Sandes hinter sich her, und es entstanden dadurch merkwürdig strahlenförmige Gruppirungen, wie Raketenbüschel von dunkler Farbe, oder wie Cypressenzweige, welche einen unbeschreiblich schönen Anblick gewährten. Während der ganzen Dauer dieses drohenden Phänomens zischte das Meer von den zahlreichen in dasselbe niederfallenden, offenbar stark erhitzten Sand- und Aschenmassen; weiße Dampfmassen stiegen rings aus demselben empor und entzogen bald die Insel unsern Blicken. Inzwischen ließ sich ein Platzen und Rasseln der in der Luft aneinanderschlagenden Steine und ein Rauschen wie das eines niederfallenden Hagelschauers oder heftigen Regengusses vernehmen. Keine Flammen fuhren aus dem Krater, und kein Leuchten war in demselben erkennbar; dagegen sah man in den Augenblicken hoher Steigerung des Auswurfes eine große Zahl von oft hellleuchtenden Blitzen durch die schwarze Aschensäule hin- und herzucken, und einem jeden derselben folgte

deutlich ein lauter und anhaltender Donner, welcher, von fern gehört, oft ein gleichförmig fortrollendes Getöse zu sein schien. So dauerte diese majestätische Erscheinung wechselnd oft nur 8 bis 10 Minuten und selbst bis nahe an eine Stunde lang ununterbrochen fort, dann verschwand sie, und es trat eine minder lange Periode der Ruhe ein, während welcher nur das Ausstoßen der Dampfballen fortdauerte.

Diese Reihenfolge von Ausbrüchen schüttete die neue Insel, welche man unter andern mit dem Namen Ferdinandea belegte, in kurzer Zeit bis zur Höhe von 200 Fuß über dem Meere und bis zu dem Umfange von einer Viertelstunde auf, und nachdem sie immer schwächer und schwächer geworden waren, endigten sie am 12. August, etwa einen Monat nach ihrem Anfange. Die neue Insel konnte nun gefahrlos betreten und von den Engländern in Besitz genommen werden; doch übten die Wellen des Meeres auf den überall frei hervorragenden lockern Sand- und Schlackenberg so wirksam und sichtlich ihre zerstörende Kraft, daß schon im December desselben Jahres Nichts mehr von der Insel zu sehen war. Später blieb nicht einmal eine die Schifffahrt störende Sandbank zurück, obwol am 16. Mai 1833 an derselben Stelle neue, aber spurlos vorübergegangene Ausbrüche begonnen haben sollen. Wären feste



Krater der Insel Ferdinandea bei Sciacca um Mitte August 1831.

Massen erhoben worden, oder mächtige ausgeflossene Lavamassen erstarrt, so würde keine so vollständige Zerstörung eingetreten sein, das blos aufgeschüttete lockere Schlackenhaufwerk konnte aber den Fluten des Meeres nicht lange widerstehen.

Auch im Atlantischen Meere, $1/2$ Grad südlich vom Aequator, in der Verlängerung einer von St. Helena nach Ascension gezogenen Linie, hat die Natur seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wiederholte Versuche zur Bildung einer vulkanischen Insel oder eines vulkanischen Archipelagus gemacht, welche jedoch bei der Tiefe des dortigen Meeres nicht an die Oberfläche hervorgetreten sind. Aber Wasserbeben, Rauchsäulen und schwimmende Schlacken sind in dieser Gegend des Meeres mehrfach bemerkt worden.

Eine der neuesten Erscheinungen dieser Art ereignete sich im Februar 1839, etwa 5 Grad westlich von Valparaiso, unweit der Insel Juan-Fernandez, wo unter Feuer- und Rauchausbrüchen drei Inseln aus dem Meere emporstiegen, die in einer Linie von Norden nach Süden hinter einander lagen, aber, mit Ausnahme der nördlichsten, bald wieder verschwanden.

Das großartigste Beispiel einer solchen Inselbildung dürfte jedoch im Meere von Kamtschatka, in der Kette der Aleuten, vorgekommen sein. Dort sah man im Jahre 1796, etwa 45 Werst westlich von der Nordspitze der Insel Unalaschka, nördlich von der Insel Umnack, in der Nähe eines isolirten Felsens gewaltige Dampfmassen aufsteigen, welche diesen Felsen auf längere Zeit verhüllten und unzugänglich machten, während welcher Zeit Unalaschka von fast unaufhörlichen Erdstößen erschüttert wurde. Als man sich später in seine Nähe wagte, fand man eine kegelförmige Insel, aus deren Gipfel Dämpfe ausgestoßen und Schlacken ausgeworfen wurden; diese Auswürfe dauerten fort bis zum Jahre 1823, worauf der Vulkan nur noch dampfte. Im Jahre 1819 hatte die Insel, welche den Namen Joanna Bogosslawa erhielt, fast 4 geographische Meilen Umfang und, nach Wassiljeff's Messung, eine Höhe von 2100 Fuß; als sie aber im Jahre 1832 von Tebenkoff untersucht wurde, hatte sich ihr Umfang auf 2 Meilen und ihre Höhe auf 1400 Fuß vermindert. Der ganze Meeresgrund zwischen dieser neuen Insel und Umnack ist erhöht worden, und während Cook im Jahre 1778 und Sarnitscheff im Jahre 1790 mit vollen Segeln darüber hinfahren konnten, sperren jetzt zahllose Riffe und Klippen die Schifffahrt. Nach den Berichten von Baranoff scheint die Insel in der Hauptsache nur aus losen Auswürflingen zu bestehen. Ihre bedeutende Größe und längere Dauer lassen jedoch vermuthen, daß wol auch Erhebungen des

festen Meeresgrundes oder gewaltige Lavaergießungen stattgefunden haben mögen.

Man hat zuweilen geglaubt, daß einige Vulkane statt geschmolzener Lavamassen nur Wasser und Schlamm, sogar mit Fischen darin, ausspeien.

Es sind jedoch diese Wasser- und Schlammergießungen jedenfalls nur zufällige äußere, nicht in der vulkanischen Thätigkeit selbst begründete Erscheinungen. Theils rühren sie von plötzlich geschmolzenen Schneemassen in die Schneeregion aufragender Vulkangipfel oder von heftigen Wolkenbrüchen her, theils aber auch, und so namentlich bei einigen Vulkanen Quitos, stammen sie aus unterirdischen Höhlenräumen, die mit Wasser gefüllt sind, und in denen eine kleine Fischart, Pimelodus Cyclopum, in großer Menge lebt. Durch die heftigen Erschütterungen der innern Thätigkeit reißen wahrscheinlich Spalten in diesen Bergen auf, durch welche das mit Fischen bevölkerte Wasser dieser Höhlenräume gewaltsam hervorstürzt und, bald genug in eine Schlammflut verwandelt, sich über die benachbarten Hochebenen als „Moja" ergießt, wonach dann zuweilen der Gestank der zahllosen verwesenden Fische weit und breit unerträglich geworden ist.

Außer diesen Fällen, in denen eine Wasser- und Schlammergießung von gewöhnlichen Vulkanen ausgeht, gibt es aber auch noch besondere sogenannte Schlammvulkane oder Salsen, die nur entfernter mit der eigentlichen vulkanischen Thätigkeit in Verbindung zu stehen scheinen. Es sind dies mächtige Anhäufungen von thonigem Schlamm, aus denen theils brennbare, theils andere Gasarten hervortreten, indem sie, sobald der Schlamm durch Austrocknen eine feste Kruste zu bekommen anfängt, diese aufblähen und um kraterartige Oeffnungen herum zu kleinen Kegeln aufwerfen. Die nächste Regenzeit pflegt die Schlammkegel wieder einzuebnen, sobald aber das Austrocknen wieder beginnt, bilden sie sich aufs Neue.

Solche Schlammvulkane, aus denen zuweilen auch brennende Gasarten zu hohen Flammen aufschlagen, oder Naphtha, Bergöl und Salzlösungen hervorquellen, kennt man bei Girgenti auf Sicilien unter dem Namen Macaluba, bei Sassuolo in Modena, in der Krim, auf der Halbinsel Taman, an den Ufern des Kaspischen Meeres, auf Java, auf Trinidad und bei Cartagena in Neu-

Granada; von den letztern hat A. v. Humboldt die nachstehende Abbildung geliefert.

Von den Schlammvulkanen der Insel Taman berichtete Abriuzkji, der dieselbe im Jahre 1853 besuchte, unter Anderm



Luftvulkane bei Purbara in der Nähe von Cartagena in Neu-Granada.

Folgendes: Bei den meisten dieser Schlammvulkane beträgt der Durchmesser des Kraters nur etwa 1 Fuß. Derselbe ist gewöhnlich erfüllt mit einem Gemenge aus Naphtha und thonigem Schlamm. Im Innern sich entwickelnde Gase heben den Schlamm empor und entbinden sich an der Oberfläche, dabei ergießt sich oft der Schlamm über die Oberfläche der kleinen Kegel und erhöht diese dadurch. Man findet diese Schlammvulkane theils vereinzelt, theils in Gruppen, deren Gesammtheit das Ansehen kleiner sanft abfallender Hügel hat. Nur sehr selten strömen entzündete Gasarten aus den Oeffnungen hervor und bilden bis 10 Faden hohe Flammensäulen, die sich oben in schwarzen Rauch verlieren. Bei sehr starker Gasausströmung wird die Umgegend erdbebenartig erschüttert. Merkwürdigerweise sollen diese Gasausströmungen heftiger erfolgen, wenn das benachbarte Meer stark bewegt, als dann, wenn es ruhig ist.

Mit den Vulkanen stehen die Erdbeben in innigster Wechselbeziehung. Nicht nur sind die vulkanischen Gegenden durchschnitt-

lich zugleich die am häufigsten von Erdbeben heimgesuchten, sondern es ist auch schon mehrmals beobachtet worden, daß Erdbeben mit der Eruption eines benachbarten Vulkans schlossen, und fast jeder vulkanische Ausbruch pflegt von einem kleinen Erdbeben eingeleitet zu werden. Aber nicht immer treffen beide Phänomene auch historisch oder geographisch zusammen, die räumliche Ausdehnung mancher Erdbeben ist eine so große, daß sie weit über die Bezirke vulkanischer Thätigkeit hinausreichen. In dem langen Gürtel der südamerikanischen Vulkane hat man beobachtet, daß gerade die größern Zwischenräume der Vulkane am häufigsten von Erdbeben heimgesucht werden, und daß auch zeitlich die Erdbeben am heftigsten eintreten, wenn lange keine vulkanische Eruption stattfand, oder daß sie sogleich aufhören, wenn ein benachbarter Vulkan seinen Schlund öffnet, sodaß man diese Wirkung fast der eines Sicherheitsventiles vergleichen kann.

Man hat vorgeschlagen, einen Unterschied zu machen zwischen vulkanischen und plutonischen Erdbeben, indem man mit ersterer Bezeichnung die den Eruptionen vorausgehenden lokalen Bodenerschütterungen bezeichne, mit letzterer die von lokalen Eruptionen unabhängigen und oft sehr weit verbreiteten.

Das Erdbeben, welches am 1. Nov. 1755 Lissabon zerstörte, ward gleichzeitig beinahe in allen Theilen Europas, an vielen Punkten der Nordküste Afrikas, auf den kleinen Antillen und in den Küstenländern Nordamerikas verspürt. Man hat hiernach berechnet, daß sich diese Erschütterung über eine Oberfläche von etwa 700,000 Quadratmeilen, also ungefähr über den dreizehnten Theil der ganzen Erdoberfläche fast ganz gleichzeitig ausbreitete. Dies ist nun allerdings eines der ausgebreitetsten unter den genauer bekannten Erdbeben, aber annähernd sind ihm viele andere an Ausbreitung gleichgekommen, und an Heftigkeit wurde es von mehreren übertroffen.

Eine so weit verbreitete gleichzeitige Erschütterung der Erdoberfläche ist nur durch eine sehr tief liegende Ursache erklärbar. Jede Erschütterung, welche von einem der Oberfläche nahe liegenden Punkte ausginge, möchte sie so heftig sein als sie wollte, würde nach mechanischen Gesetzen jedenfalls mehrere Tage brauchen, um sich über ein so großes Gebiet auszubreiten. Wirkt sie dagegen radienartig von einem sehr tief unter der Oberfläche liegenden Orte herauf, so kann sie ziemlich gleichzeitig in dem ganzen Gebiet sich äußern.



Erdbeben zu Messina.

Die Verbreitungsform der Erdbeben ist wie die der Vulkane theils eine der Kreisform genäherte centrale, theils eine mehr lineare, in einer Richtung verlängerte.

Das Wesentliche aller Erdbeben besteht in Erschütterungen oder

wirklichen Bewegungen des Erdbodens. Diese sind theils wellenförmig sich fortbewegende, theils auf- und niederstoßende.

Diese wesentlichen Erscheinungen sind nun aber sehr häufig, ja fast stets verbunden mit unterirdischem Getöse (Rollen, Donnern und Klirren), Bodenzerspaltungen seltener und zum Theil mehr zufällig, auch wol mit dem Hervorbrechen von Gasen, Dämpfen und Feuerflammen, ganz zufällig vielleicht mit heftigen Windstößen und Gewittern, mit eigenthümlichen Nebelbildungen und mit plötzlichen ungewöhnlichen Schwankungen der Magnetnadel.

Man hat auch gewisse Vorzeichen der Erdbeben unterscheiden wollen; durch genauere Untersuchungen hat sich aber noch keines derselben bestätigt.

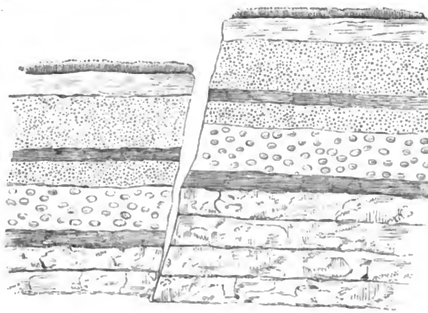
Die Dauer der einzelnen Erdbebenstöße ist gewöhnlich nur eine sehr kurze, einige Sekunden oder Minuten kaum übersteigende; aber sie pflegen sich öfters in unbestimmten, zuweilen sehr kurzen Zeiträumen zu wiederholen.

Die für den Menschen und seine Werke so nachtheiligen Wirkungen der Erdbeben darf ich als hinreichend bekannt voraussetzen; hier kommt es mehr darauf an, die dauernden geologischen Folgen derselben zu zeigen und ihren Zusammenhang mit der vulkanischen Thätigkeit, ja mit der Erdbildungsgeschichte überhaupt, nachzuweisen.

Doch kann ich nicht unterlassen, hier noch auf jene Stelle im „Kosmos" hinzuweisen, wo der Eindruck der Erdbeben auf das Gemüth des Menschen mit so lebhaften Farben geschildert wird: „Was uns so wundersam ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wird an den Kontrast zwischen dem beweglichen Element des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnißvoll eine unbekannte Naturmacht als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen frühern Lebens."

Die wichtigsten geologischen Folgen der Erdbeben sind die Zerspaltungen des Bodens und die Veränderungen seines Niveaus. Sehr häufig reißen bei Erdbeben lange und tiefe Spalten in der

festen Erdkruste auf, deren beide Seitenwände sich zuweilen etwas an einander verschieben, der Art, daß sie sogenannte Verwerfungen der zerspaltenen Schichten hervorbringen. Diese Spalten sind, insofern sie von einem Erdstoße herrühren, gewöhnlich untereinander parallel, und sie erinnern durch ihre ganze Natur außerordentlich an die sogenannten Gangspalten, in welchen sich gewisse Erze und andere Mineralien vorzugsweise häufig abgelagert zeigen. Die Aehnlichkeit des Vorkommens ist so groß, daß die meisten Geologen in der That annehmen, die Spalten der Erzgänge seien durch frühere Erdbeben gebildet worden.



Verwerfung der Schichten durch eine Erdbebenspalte.

Die Niveauänderungen durch Erdbeben sind in neuester Zeit besonders häufig an den Küsten von Chile beobachtet worden, wo mehrfach im Laufe der letzten dreißig Jahre große Landstrecken um einige Fuß gehoben worden sind, ohne daß dadurch ihre horizontale Lage bemerkbar verändert worden wäre, und wo zugleich eine große Zahl übereinanderliegender Spuren alter Meeresufer aufgefunden worden ist, aus denen sich schließen läßt, daß solche Niveauänderungen auch außer und vor den direkt beobachteten mehrfach stattgefunden haben.

Es war am 19. November 1822, als die Küsten von Chile durch ein sehr heftiges Erdbeben erschüttert wurden, dessen dauernde Folgen zuerst das höchst lehrreiche Resultat der Erhebung eines großen Landstriches um mehrere Fuß erkennen ließen. Der Stoß

wurde gleichzeitig in einer nordsüdlichen Längenerstreckung von 240 englischen Meilen wahrgenommen. St. Jago, Valparaiso und einige andere Orte wurden dadurch großentheils zerstört. Als man am Morgen nach dem Erdbeben die Umgegend von Valparaiso untersuchte, fand man, daß die Küste auf mehr als 20 Meilen Länge über ihr früheres Niveau emporgehoben war. Zu Valparaiso betrug die Emporhebung 3, zu Quintero 4 Fuß. Ein Theil des ehemaligen Meeresbodens blieb mit den daraufliegenden Muscheln und Fischen auch bei der höchsten Flut trocken, und die auf ihm verwesenden Organismen entwickelten sehr schädliche Dünste. Ein altes Schiffswrack, dem man sich vorher nicht nähern konnte, wurde nun vom Lande aus zugänglich, obgleich seine Entfernung von der frühern Meeresküste sich nicht verändert hatte. Ein Mühlgraben, etwa eine halbe Stunde vom Meere entfernt, zeigte auf die Länge von 150 Schritt um 14 Zoll mehr Gefälle als vorher, woraus man den gewiß sehr richtigen Schluß zog, daß die Erhebung im Innern des Landes etwas mehr betragen haben müsse, als an der Küste, was sich natürlich nur an so besondern Umständen erkennen ließ. In einem von Eisenbahnen durchschnittenen Lande könnte ein solcher Vorgang sehr nachtheilig auf ihre Steigungsverhältnisse einwirken. Die Granitfelsen der Küste waren vielfach von neuen Spalten durchschnitten, welche sich zum Theil über eine Meile landeinwärts verfolgen ließen. Kleinere Erschütterungen ohne bleibende Niveauänderungen dauerten von diesem Zeitpunkte an fast ein Jahr lang fort. Am 20. Februar 1835 wurde dieselbe Gegend aber wiederum von einem sehr heftigen Erdbeben betroffen, wodurch das Land abermals um 4 bis 5 Fuß erhoben wurde, die benachbarte Insel St. Maria sogar am südlichen Ende um 8 Fuß, in der Mitte um 9 und am nördlichen Ende um 10 Fuß. Im April trat dafür eine Senkung um 2 bis 3 Fuß ein.

Schon durch die erste Erhebung aufmerksam gemacht, entdeckte man bald eine große Zahl von deutlichen Spuren ähnlicher Vorgänge aus früherer Zeit. Alte Uferlinien des Meeres nämlich, welche terrassenförmig über einander liegen. Nach Domeyko, welcher die Resultate aller dieser Untersuchungen zusammengestellt hat, ergibt sich daraus, daß die Westküste Südamerikas sehr deutliche Spuren solcher Erhebungen in neuester geologischer Zeit, d. h. in

der Zeit, in welcher sich die Bevölkerung des angrenzenden Meeres nicht wesentlich verändert hat, von Chiloë bis Lima verfolgen lassen, und zwar erheben sich diese Spuren ungefähr in der Mitte ihrer gesammten Längenausdehnung am höchsten über den Meeresspiegel, in Chiloë nämlich bis 350 Fuß, bei Concepcion 1000 Fuß, bei Valparaiso 1300 Fuß, bei Coquimbo 252 Fuß, bei Copiapo 250 Fuß und bei Lima nur noch 85 Fuß.

Man erkennt also hieraus, daß durch die fortgesetzte Summirung solcher Erhebungen des Landes um einige Fuß zuletzt beträchtliche Bodenanschwellungen oder Gebirgsketten hervorgebracht werden können.

Aber Chile ist nicht das einzige Land, welches solche Beispiele darbietet. Auch in Italien, in Ostindien und in Skandinavien kennt man ähnliche aus älterer Zeit mehrfach. Gewöhnlich haben Erhebungen stattgefunden, zuweilen aber auch Senkungen, oder beide mit einander wechselnd. Dabei müssen diese Bewegungen zum Theil so stetig erfolgt sein, daß der innere und äußere Bau der gehobenen Erdkrustentheile, ja sogar die darauf stehenden Gebäude wesentlich unzerstört blieben. Am deutlichsten lassen sich diese Vorgänge früherer Perioden aus gewissen Bauwerken erkennen, die sichtbar einem wechselnden Meeresniveau unterworfen waren, während es doch unzweifelhaft ist, daß der Meeresspiegel selbst seit Jahrtausenden sich nicht verändert hat.

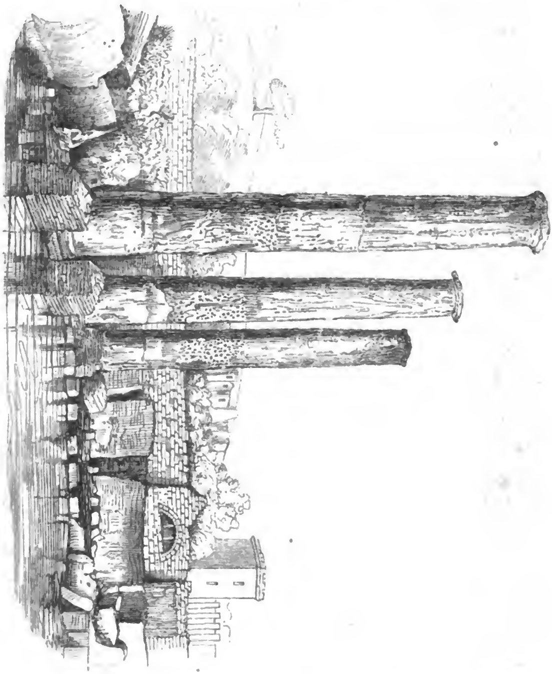
Der berühmte Tempel des Jupiter Serapis bei Puzzuoli in der Bai von Bajä gibt durch sich allein den unwiderleglichen Beweis, daß in jener Gegend seit der christlichen Zeitrechnung das relative Niveau des Landes und Meeres sich mehrmal verändert hat. Dazu müssen wir bemerken, daß eine geologische Untersuchung der Küste in der Bai von Bajä, sowol nördlich als südlich von Puzzuoli, durch alte Küstenlinien, Muschelbänke und vom Meere abgesetzte Schichten, welche Bruchstücke alter Gebäude enthalten, die genügendste Ueberzeugung von einer in historische Zeiten fallenden Hebung von wenigstens 20 Fuß, und an einem Punkte von mehr als 30 Fuß gibt; eine Ueberzeugung, welche ebenso vollständig sein würde, wenn auch jener Tempel bis jetzt noch nicht entdeckt worden wäre; denn annehmen zu wollen, daß das Meer (der Wasserstand) in der Zeit, seitdem die Küsten von Kampanien mit kostbaren Gebäuden bedeckt sind, 20 bis 30 Fuß gesunken sei,

würde eine gänzlich unhaltbare Hypothese sein. Die Beobachtungen, welche man an vielen von den Römern angelegten Werften und Häfen des Mittelländischen Meeres gemacht hat, liefern vielmehr den Beweis, daß in diesem Meere in den letzten 2000 Jahren keine bemerkbare Veränderung des Wasserstandes eingetreten ist.

Als man im Jahre 1750 die Ueberreste des erwähnten Tempels bei Puzzuoli ausgrub, fand man den Fußboden dieses von Corelli später für ein Badehaus erklärten Gebäudes noch erhalten, und der ursprüngliche Plan desselben konnte gänzlich erkannt werden; es war von viereckiger Gestalt, hatte 70 Fuß Breite, und das Dach wurde von 46 schönen, 42 Fuß hohen Säulen getragen, von denen 24 aus afrikanischem Granit, die übrigen aus Marmor bestanden. An den drei noch stehenden Marmorsäulen sind nun die Merkmale jener bedeutenden Niveauveränderungen mit sehr deutlichen Lettern von der Natur selbst eingegraben worden. Diese Säulen sind nämlich bis zu einer Höhe von 12 Fuß über dem Sockel unbeschädigt, darüber aber befindet sich eine 9 bis 12 Fuß hohe Zone, innerhalb welcher sie von Bohrmuscheln (Modiola lithophaga *Lam.*) durchbohrt sind, die zuweilen noch in den Höhlungen gefunden werden. Ueber dieser Zone sind die Säulen wieder glatt. Der Fußboden des Gebäudes liegt jetzt ungefähr einen Fuß unter dem Niveau des hohen Meerwasserstandes, der obere Theil der Durchbohrungen befindet sich daher wenigstens 23 Fuß über demselben, und es ist ganz klar, daß die Säulen lange Zeit hindurch aufrechtstehend im Salzwasser befindlich gewesen sein müssen, um den Bohrmuscheln zugänglich zu werden. Da nun nicht anzunehmen ist, daß man einen Tempel oder irgend ein Gebäude, nur 100 Fuß von der Küste entfernt, mit seinem Boden 1 Fuß tief unter das Niveau des Meeres eingesenkt haben werde, so geht aus diesem Allen deutlich hervor, daß die Küste hier seit der Erbauung des Tempels zuerst um mehr als 23 Fuß niedergesunken, dann aber, nachdem sie lange Zeit in dieser Stellung verblieben, gerade um 23 Fuß wieder gehoben worden ist.

Diese Senkungen und Hebungen sind offenbar Resultate von Erdbeben, und zwar scheint die letztere mit der Entstehung des Monte nuovo im September 1538 zusammenzufallen, welche nach alten Beschreibungen mit heftigem Erdbeben und einem Zurück-

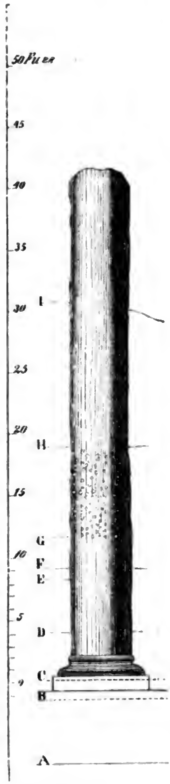
weichen des Meeres verbunden war. Die Senkung kann nach den in dem Atrium des Gebäudes gefundenen Inschriften nicht wohl vor dem dritten Jahrhundert erfolgt sein, und fällt vielleicht mit dem Ausbruch der Solfatara im Jahre 1198 zusammen. Da man aber durch Nachgrabungen 5 Fuß tief unter dem jetzigen Marmorfußboden einen andern kostbaren Mosaikfußboden gefunden hat, so geht daraus dentlich hervor, daß eine frühere Senkung schon einmal die Erhöhung des Fußbodens nöthig gemacht hat.



Serapistempel bei Puzzuoli.

Der vorstehende Holzschnitt stellt diese altrömischen Bauüberreste in ihrer theilweisen Verschüttung, nach erfolgter Ausgrabung, dar,

während an der untenstehenden einzelnen Säule die Eingrabungen durch Bohrmuscheln und die einzelnen Niveaus der Senkung, Hebung, Umhüllung u. s. w. durch die Linien A bis I angedeutet sind. Daneben ein Maßstab. Diese Linien bedeuten:



A Der unterste älteste Mosaikfußboden.
B Niveau des gegenwärtigen Meeresspiegels zur Ebbezeit.
C Niveau des gegenwärtigen Meeresspiegels zur Flutzeit.
D Obere Grenze dunkel gefärbter Ablagerungen mit Meeres- und Süßwassermuscheln.
E Eine zweite Ablagerung über der vorigen.
F Obere Grenze gewisser Süßwasserablagerungen, welche in der Zwischenzeit von Meeresbedeckungen erfolgt zu sein scheinen.
G Obere Grenze einer Meeresablagerung.
H Höchster Meerwasserstand, obere Grenze der Muscheleinbohrungen.
I Oberste Grenze der neuesten Aufschüttungen, welche wahrscheinlich auf trockenem Wege erfolgten. Nur der Säulentheil über I ragte bei der Auffindung frei hervor.

Die Beispiele von Niveauänderungen, welche wir hier kennen lernten, zeigen sämmtlich ein plötzliches, ruckweises Emporsteigen oder Sinken, welches vermuthlich stets mit erdbebenartigen Erschütterungen verbunden war. Man hat aber auch Hebungen und Senkungen großer Strecken der festen Erdkruste beobachtet, welche höchst allmälig und ohne alle bemerkbare Erschütterungen Jahrhunderte oder Jahrtausende lang fortgedauert zu haben scheinen und noch fortdauern. Das lehrreichste Beispiel hierfür liefern die Küsten des nördlichen Schwedens.

Schon vor länger als einem Jahrhundert hat der schwedische Naturforscher Celsius die Behauptung ausgesprochen, und durch

viele Thatsachen zu beweisen gesucht, daß der Spiegel der Ostsee und des ganzen nördlichen Oceans in allmäligem Sinken begriffen sein müsse. Es ist dies ein ganz allgemeiner Glaube der Küstenbewohner Schwedens, weil sie täglich sehen, daß die alten Wasserstandszeichen vom Meeresspiegel nicht mehr erreicht werden und um so höher darüber liegen, je älter sie sind, daß Klippen, die früher bedeckt waren, neu hervortreten, daß deutliche Küstenbildungen des Meeres, Auswaschungen, Muschelbänke und dergleichen jetzt hoch auf dem Lande liegen, und daß alte Gebäude, die offenbar dicht an das Ufer gebaut worden sind, jetzt weit davon entfernt stehen, und deshalb ihrem Zwecke zum Theil nicht mehr entsprechen. Diese Thatsachen sind unleugbar; ihre richtige Deutung wurde aber erst zu Anfang dieses Jahrhunderts in England durch Playfair und in Deutschland durch L. v. Buch ausgesprochen. Da nämlich das Zurückweichen des Meeres nicht überall gleich groß ist, und an den benachbarten Küsten Schonens und Dänemarks schon durchaus nicht mehr beobachtet wird, so kann nicht ein Sinken des Meeresspiegels, welches ganz allgemein und überall gleichförmig sein würde, die Ursache davon sein. L. v. Buch sprach deshalb nach seiner Rückkehr aus Skandinavien 1807, ohne mit Playfair's gleicher Ansicht bekannt zu sein, die Ueberzeugung aus, daß das ganze Land von Friedrichshall in Schweden bis nach Åbo in Finnland, und vielleicht bis Petersburg, in langsamem und für jeden Zeitmoment unmerklichem Emporsteigen begriffen sei.

Der englische Geolog Lyell, welcher diese Behauptung bezweifelte, untersuchte deshalb die betreffenden Küstenstriche im Jahre 1834 mit der größten Sorgfalt nochmals selbst, und überzeugte sich dadurch auf das Vollkommenste von der wirklich stattgehabten und höchst wahrscheinlich noch fortdauernden allmäligen Erhebung des Landes. In seinem ausführlichen Berichte über die Sache hat er eine solche Menge außerordentlicher und vortrefflich beobachteter Thatsachen niedergelegt, daß nun Niemand mehr an der allmäligen Erhebung des untersuchten Landstriches zweifeln kann. Zugleich berichtete Lyell bei dieser Gelegenheit auch über Spuren einer frühern temporären Senkung des Landes, welche bei Grabung eines Kanales vom Mälarsee nach der Ostsee durch eine Fischerhütte dargethan wurde, deren Boden sich, 60 Fuß dick mit deutlichen Meeresschichten bedeckt, dennoch aber über das Niveau des Meeres

erhoben fand. Die langsame Hebung selbst scheint in den letzten hundert Jahren an einigen Orten etwa 1 Fuß, an andern gegen 2 Fuß, nach Hallström sogar bis über 4 Fuß betragen zu haben, und ähnlich für mehrere Jahrhunderte rückwärts. Es finden sich jedoch Meeresprodukte der Jetztwelt auch in Schweden 100 Fuß und selbst 600 Fuß über dem gegenwärtigen Meeresspiegel, welche wol ein theilweise schnelleres, wahrscheinlich auch ruckweises Emporsteigen voraussetzen lassen.

So wie von einem Theile Skandinaviens und Finnlands die fortdauernde Erhebung, so ist von Grönland das fortdauernde allmälige Sinken durch mehrere Thatsachen nachgewiesen, und ähnliche Vorgänge scheinen auch noch in andern Erdgegenden stattzufinden.

Namentlich hat Ch. Darwin nachgewiesen, wie man aus dem besondern Bau der Koralleninseln und Korallenriffe deutlich erkennen kann, daß in der Südsee gewisse Theile des Meeresbodens sammt den hervorragenden Inseln einer fortdauernden Hebung, andere einer fortdauernden Senkung unterworfen waren, und zum Theil noch sind.

Ob nun diese langsamen Hebungen und Senkungen des Landes denselben Ursachen zuzuschreiben seien, wie die ruckweisen mit Erdbeben verbundenen, das hat freilich noch nicht mit Bestimmtheit ermittelt werden können.

Dieses Phänomen des Steigens oder Sinkens großer Erdkrustentheile, welches sich schwer mit einem durchaus starren und soliden Erdkörper würde vereinigen lassen, liefert uns zugleich einen Beweis der Möglichkeit, daß ganze Welttheile langsam oder ruckweise, Theil für Theil oder auf einmal, weit über den früher sie bedeckenden Meeresspiegel emporgehoben werden konnten, ohne daß dabei ihr innerer Bau wesentlich zerstört wurde, und daß ebenso andere, die früher vorhanden waren, unter das Meer hinabsinken konnten. Genug, diese kontinentalen Erhebungen belehren uns, wie die mehr lokalen Gebirgserhebungen, auf das Bestimmteste über die Möglichkeit vielfachen Wechsels in der Vertheilung von Wasser und Land.

Es führen uns diese großartigen Vorgänge zugleich zurück

auf die Hypothese über die Ursache und Natur der Vulkane, mit der dieser Abschnitt begann.

Alle Thatsachen, die man über Vulkane und vulkanische Thätigkeit bis jetzt kennt, lehren, daß dieselben zu den ganz allgemeinen Eigenschaften des Erdkörpers gehören, und folglich auch von einer ganz allgemeinen Ursache herrühren müssen. Die hohe Temperatur der Laven, verglichen mit der faktischen Wärmezunahme des Erdinnern, und die außerordentliche Verbreitung der vulkanischen Erschütterungen gleichzeitig über $^1/_{100}$ bis $^1/_{13}$ der ganzen Erdoberfläche lehren uns ferner, daß der Sitz dieser Ursache ein sehr tief innerlicher sein müsse. Bringen wir nun diese Erfahrungen in Verbindung mit denen über die Erdwärme, über die Form und Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine, und mit der Hypothese über die Entwickelung des Erdkörpers aus einem einst durchaus heißflüssigen Zustande, so wird es allerdings nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens sehr wahrscheinlich, daß die Vulkane nichts Anderes sind, als Folgen und Ergießungen des noch jetzt heißflüssigen Zustandes im Erdinnern. Ihre Kraterschlünde sind in gewissem Grade konstant gewordene Verbindungswege dieses Erdinnern mit der Erdoberfläche. Wird der flüssige Kern, sei es nun durch sekuläre Zusammenziehung der kälter werdenden Kruste, durch Niedersinken gewisser Krustentheile, durch Einwirkung von Sonne und Mond, oder durch Dampfbildungen irgend einer Art, gepreßt oder heftig bewegt, so entstehen Erdbeben mit ihren Folgen, oder vulkanische Eruptionen, bis das Gleichgewicht auf die eine oder die andere Weise wieder hergestellt ist.

Das heißflüssige Erdinnere wird dabei lokal in einem Kraterschlunde als Lava emporgepreßt, und kommt, wenn nicht schon in der Tiefe, jedenfalls auf dem Wege in Berührung mit Wassermassen, die durch Einwirkung der großen Hitze schnell in Dämpfe von sehr hoher Spannung verwandelt werden, und nun die eigenthümlichen Eruptionserscheinungen in außerordentlichem Grade befördern und steigern. Sehr begreiflich ist es, daß diese konstanten Verbindungswege so häufig in langen Reihen hintereinander gefunden werden; sie liegen in diesem Falle auf langen Spalten der festen Erdkruste, und wo das, wie bei den Centralvulkanen, nicht

der Fall ist, da können wir eine mehrfache Kreuzung oder eine radikale Stellung mehrerer kürzerer Zerspaltungen in der festen Erdkruste voraussetzen.

Begreiflich ist ferner das besonders häufige Vorkommen der Vulkane in der Nähe der Küstenlinien, in welchen Regionen bei der Erhebung der Kontinente gerade sehr leicht Zerspaltungen entstehen mußten. Möglich, daß die Nachbarschaft des Meerwassers, wo jene Zerspaltungen einmal vorhanden sind, dann auch noch einen besondern Einfluß auf die Häufigkeit der Eruptionen und auf die besondere Natur derselben, z. B. der dabei vorkommenden Sublimationserscheinungen, ausübt.

Die vulkanische Thätigkeit wirkte von jeher, d. h. so lange es eine feste Erdkruste gab, umgestaltend auf diese und ihre Oberfläche ein. Alle Gebirgsketten sind eine Folge derselben. Aber die besondere Natur ihrer Folgen scheint sich fortwährend geändert zu haben mit der Zunahme der festen Kruste an Dicke.

Eine dünnere Kruste war leichter zu sprengen, die Ausflüsse erfolgten darum häufiger, an fast immer neuen Stellen oder durch größere Oeffnungen. Die Ränder der dünnern Kruste wurden leichter wallartig mit aufgerissen; es bildeten sich vielleicht nicht so konstante Krater aus, mit schlotförmigen Schlünden und hohen Aufschüttungskegeln um dieselben herum. Gewöhnlich vielmehr erstarrten die empordrängenden Massen in den Zerspaltungen, sie für immer erfüllend und schließend, während neues Empordrängen auch neue Wege öffnete. In der Neuzeit dagegen sind diese Wege bei dickerer, schwerer zu durchbrechender Kruste auch weit konstanter geworden, es sind so die echten Vulkane mit ihren Erhebungs- und Aufschüttungs-Kegeln-Kratern und Lavaströmen entstanden. Dieser Unterschied ist aber allerdings zum Theil nur ein hypothetischer, er läßt sich durchaus nicht ins Specielle verfolgen und nachweisen; es ist möglich, daß der Unterschied in der äußern Erscheinung größtentheils nur darin beruht, daß von den sehr alten Vulkanen alles Aeußere zerstört und gleichsam nur der innere Kern übrig geblieben ist.

Was die Geologen eruptive Gesteine nennen: Basalte, Melaphyre, Grünsteine, Porphyre, Granite u. s. w., das Alles ist sehr wahrscheinlich lavaartig aus der Tiefe emporgepreßt worden und

in oder über den Spalten, größtentheils wol aber in der Tiefe, nicht an der Erdoberfläche, zu festem Gestein erstarrt, wenn auch später zum Theil wieder vielfach verändert durch langsame Umwandlung (Metamorphose). In diesem Sinne sind also alle Eruptivgesteine vulkanische. Insofern man voraussetzt, daß sie in der Tiefe erstarrten und erst durch spätere Zerstörung ihrer Bedeckung freigelegt wurden, nennt man sie aber plutonische.

III.

Die geologischen Wirkungen des Wassers.

Kreislauf des Wassers auf der Erde. — Quellen, deren Entstehung, warme Quellen, artesische Brunnen. — Auflösungen und Ablagerungen durch Quellen. — Geysire Islands. — Thalbildung durch Wasser. — In Südrußland. — Am Niagara. — Nicht alle Thäler können durch Wasser gebildet sein. — Alpenthäler. — Sand- und Schlammgehalt der Flüsse. — Ablagerungen der Flüsse. — Deltabildungen. — Das Meer. — Seine Tiefe. — Die Bewegungen desselben. — Ablagerungen aus dem Meere. — Verdunstung und Niederschlag. — Deren geologische Wirkungen. — Rückblick.

Das Wasser ist auf der Erde in einem beständigen Kreislauf begriffen. Aus den großen vielfach bewegten Sammelbecken des Meeres steigt es in Dunstgestalt auf, treibt zu Wolken geballt über die Oberfläche der Erde hin, fällt als Regen oder Schnee auf das Land nieder, dringt zu ungleichen Tiefen in den Boden ein, rieselt in Quellengestalt daraus hervor, und strömt in mächtigen Flüssen dem allgemeinen Sammelbecken wieder zu. So ist alles Wasser in steter Bewegung und ein Theil desselben unter verschiedener Gestalt stets auf Reisen. Ueberall aber wirkt es in gewissem Grade umgestaltend auf die Oberfläche des festen Erdkörpers ein. Hier löst es gewisse Theile chemisch auf, um sie an anderer Stelle als mehr oder weniger krystallinischen Niederschlag wieder abzulagern; dort reißt es Theile mechanisch mit fort, die an ruhigern Stellen ebenso mechanisch wieder zu Boden fallen. Ueberall aber wirkt es nivellirend, einebenend, d. h. es trägt die hervorragenden Theile der festen Erdkruste ganz allmälig in ihre Vertiefungen. Diese Wirkungen sind so ziemlich die entgegengesetzten von denen der vulkanischen Thätigkeit, und beide halten sich gegenseitig ungefähr im Gleichgewicht. Was die einen aufbauen, zerstören die andern, und um=

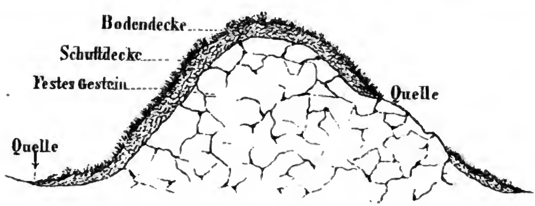
gekehrt. Wir wollen im Nachstehenden einige der interessantesten und auffallendsten geologischen, d. h. umgestaltenden Wirkungen des Wassers näher betrachten.

Wo wir in den Kreislauf des Wassers eintreten, ist ziemlich gleichgültig. Dem so oft bildlich gebrauchten Worte zu Liebe beginne ich mit den Quellen.

Die Quellen sind, mit sehr wenigen, durch besondere Umstände veranlaßten Ausnahmen, nichts Anderes als der Theil des aus der Atmosphäre auf die Landoberfläche niedergefallenen Wassers, welches bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden eingedrungen ist und dann an einzelnen Stellen zu Quellen verbunden wieder hervortritt. Das ist die einfache Erklärung ihrer Bildung. Alle andern Quellentheorien, welche oft mit großer Kunst und Aufwand von vermeintlichem Scharfsinn aufgestellt worden sind, haben sich als unbegründete Phantasiespiele ergeben. Nur ganz ausnahmsweise haben einzelne Quellen eine etwas andere Entstehung, oder vielmehr die allgemeine Ursache aller Quellen erleidet zuweilen gewisse Modifikationen.

Die Stellen aber, in denen das durch die Oberfläche eingedrungene Wasser als Quelle wieder zu Tage tritt, sind bedingt durch den innern geognostischen Bau. Die Betrachtung der einfachsten Fälle wird das am besten verdeutlichen. Es lassen sich etwa drei verschiedene Hauptumstände der Quellenbildung unterscheiden, die aber durch Uebergänge und Zwischenstufen verbunden sind.

Die äußerste Oberfläche des Landes, der Berge und Hügel wie der Thäler, besteht in der Regel aus einer mit Vegetation be-



Erster Fall der Quellenbildung.

deckten Bodenschicht, und unter dieser folgt zunächst gewöhnlich eine Schuttlage aus zum Theil verwitterten Gesteinsbrocken der darunter

fest anstehenden Felsmasse, oder aus Sand und Gerölle bestehend. Alle diese äußeren Bodenschichten lassen das auf die Oberfläche fallende Wasser sehr leicht durchsickern; wenn nun aber unter ihnen eine dichte, das Wasser schwer oder nicht durchlassende Gesteinsmasse folgt, so muß auf deren Oberfläche das eingedrungene Wasser sich ansammeln, und, wenn sie etwas geneigt ist, nach dem tiefsten Punkte hin zusammenrinnen. An diesem tiefsten Punkte aber kann sich unmöglich alles auf diese Weise zusammenrinnende Wasser anhäufen, es findet vielmehr hier irgend einen Ausweg, bildet eine Quelle, die um so reichlicher und nachhaltiger fließen wird, je größer und ausgedehnter das Sammelrevier derselben ist, so daß nicht nur genug Wasser in dessen Oberfläche einsickert, sondern auch zum Theil an so entfernten Punkten, daß der Weg, den das Wasser braucht, um von ihnen bis zum Quellpunkte zu gelangen, mindestens so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die regenlosen Intervallen derselben Gegend. Ist das Sammelrevier kleiner, jener Weg kürzer, so wird die Quelle in trockenen Perioden zu fließen aufhören.

Dies ist der Ursprung einer sehr großen Anzahl von Quellen, die am Fuße oder Abhang von Bergen oder sanften Anhöhen hervorsprudeln, am häufigsten in den buchtförmigen Einsenkungen ihrer Oberfläche. Quellen dieser Art besitzen immer ungefähr die mittlere Temperatur der Gegend, sie erscheinen deshalb im Sommer kälter, im Winter wärmer als die Luft.

Auf dem Wege durch die Bodenkrume und durch die Schutt- oder Gerölldecke löst das in verhältnißmäßig sehr reinem Zustande eingedrungene Regen- oder Thauwasser Alles auf, was es an auflöslichen Bestandtheilen vorfindet und aufzunehmen vermag. Das ist, zumal bei so niederer Temperatur, nur sehr wenig; meist etwas Kohlensäure, die im festen Erdinnern ungemein vertheilt, sich stets zu entwickeln scheint, einige Alkalien und Salze, etwas Kalk- oder Kieselerde, aber in so geringen Mengen, von allen so wenig, daß es schwer ist, diese Bestandtheile aufzufinden, aber doch genug, um den meist erfrischenden und stets etwas ungleichen Geschmack der Quellen zu bedingen.

Demnach sind alle Quellen in gewissem Grade Mineralquellen, und entführen auf diese Weise der festen Erdkruste ununterbrochen und an unzähligen Punkten gleichzeitig einige feste Bestandtheile,

die an ihren Mündungen, in Landseen, oder in der Tiefe des Meeres wieder zur Ablagerung gelangen.

Ein zweiter, höchst einfacher Fall der Quellenbildung wird bedingt, wenn der ganze obere Theil einer Anhöhe oder eines Berges aus einem das Wasser leicht durchlassenden Gestein besteht, der untere dagegen aus einem beinahe oder ganz wasserdichten. In diesem Falle wird alles atmosphärische Wasser, welches auf jenen obern Theil des Berges niederfällt, bis zu der Grenze des wasser-



Zweiter Fall der Quellenbildung.

dichten Gesteins hinabsickern; ist nun diese Grenze etwa nach einer Seite hin geneigt, oder gar muldenförmig nach einem Punkte hin ausgetieft, so wird sich alles Sickerwasser auf ihr nach jener Seite oder nach jenem Punkte hinziehen und dort als Quelle hervortreten, deren Reichthum und Nachhaltigkeit wieder ganz von der Größe der Oberfläche ihres Gebietes und der Menge der atmosphärischen Niederschläge abhängig ist.

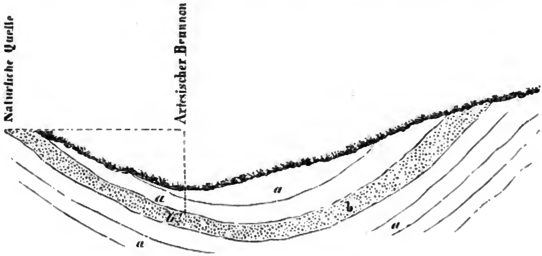
Das Wasser solcher Quellen dringt etwas tiefer in die feste Erdkruste ein, als das der gewöhnlichsten vorhin geschilderten; es erwärmt sich darum auch etwas mehr, ganz nach den Gesetzen der Wärmezunahme im Erdinnern. Die meisten so entstandenen Quellen besitzen daher eine merkbar höhere Temperatur, als die mittlere der Gegend ist, ja in hohen und schroffen Gebirgen steigert sich diese Erwärmung sogar bis auf 40, 50 Grad, und es entstehen dadurch sogenannte heiße Quellen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben die heißen Quellen von Leuk, Pfeffers und Gastein in den Alpen keinen andern Ursprung ihrer hohen Temperatur als den, daß das Regen- und Thauwasser erst 5000 bis 6000 Fuß tief in das Innere der benachbarten hohen und steilen Bergmassen eindringt, ehe es an ihrem Fuß hervorquillt. Es ist übrigens nicht nöthig, daß der Quellenausfluß allemal wirklich durch eine für das Wasser undurchdringbare Gesteinsgrenze bedingt werde. Auch schon

die allgemeinen Niveauverhältnisse bedingen oder erzwingen solche Ausflüsse. Nehmen wir z. B. an, daß eine hohe Gebirgsmasse nach vielen Richtungen von vorherrschend senkrechten Spalten durchzogen sei, welche dem Wasser offene Wege darbieten, so wird es am Fuß der Berge aus diesen Spalten in Form von Quellen hervordringen müssen, selbst wenn die Spalten noch viele tausend Fuß tiefer hinab reichen; denn sobald es durch sie keine noch tiefer gelegenen hinreichenden Auswege findet, so wird der untere Theil dieser Spalten zwar stets mit Wasser gefüllt bleiben, aber das neu hinzukommende kann nicht mehr in sie eindringen, sondern muß am Fuß der Berge ausfließen.

Durch sehr weite und offene Spalten der Art in sehr hohen Bergmassen kann sogar der von dem Gewöhnlichen ganz abweichende Fall bedingt werden, daß die Quellen eine niedrigere Temperatur besitzen, als die mittlere ihres Ursprungsortes. Solche Quellen gibt es mehrere am Hallstädter See in den Alpen. Die steilen Kalksteinfelsen, welche diesen See umgeben, reichen zum Theil bis in die Regionen des ewigen Schnees. Durch ihre zahlreichen offenen Spalten fällt im Sommer das Schneewasser schnell bis in das Niveau des Sees herab, wo es in Gestalt starker Quellen ausströmt, deren Wasser auf dem schnell durchströmten Wege nicht Zeit hatte die Temperatur des Erdinnern anzunehmen, und deshalb im warmen Sommer, wenn der Schnee an der Schneegrenze stark thaut, in großer Fülle und ungewöhnlich kalt hervorsprudelt, während dieselben Quellen im Winter, wo ihnen der Zufluß vom schmelzenden Schnee fehlt, fast ganz zu fließen aufhören, oder deren äußerst vermindertes Wasserquantum dann eine höhere Temperatur zeigt, als im Sommer, weil so kleine Mengen von Sickerwasser durch die Temperatur der Spaltenwände mehr erwärmt werden konnten.

Die Quellen dieser zweiten Art haben dann natürlich auch oft viel mehr Gelegenheit und Befähigung, mineralische Bestandtheile aufzulösen, als die vorher besprochenen, da sie meist einen weitern Weg durch Gesteine zurückzulegen haben, und zum Theil mit einer erhöhten Temperatur, welche ihre auflösende Kraft vermehrt. Sie sind deshalb öfter sogenannte Mineralquellen als die vorher betrachteten, doch ist das nicht unbedingt nöthig, hängt vielmehr sehr von der Natur der durchsickerten Gesteine ab, wie denn z. B. die

vorhin erwähnten warmen Quellen der Alpen nach den üblichen Begriffen kaum zu den eigentlichen Mineralquellen gehören, von denen man verlangt, daß der mineralische Gehalt sich durch Geschmack oder besondere Wirkung sehr deutlich zu erkennen gebe.



Dritter Fall der Quellenbildung.

Eine dritte Art des innern (geognostischen) Baues, welcher zur Quellenbildung Veranlassung gibt, ist der, daß wasserdurchlassende Gesteinsschichten zwischen wasserdichten liegen, während das ganze System dieser Schichten mulden- oder beckenförmig gestaltet ist. Es versteht sich von selbst, daß ein ganz analoger Erfolg, wie durch eine das Wasser durchlassende muldenförmige Schicht, auch durch mit einander in unterirdischer Verbindung stehende Spalten oder Höhlenräume bedingt werden kann.

Wenn nun in solchem Falle die eine Seite der wasserdurchlassenden Schicht b in einem höhern Niveau an die Oberfläche hervortritt als die andere, oder als irgend ein Theil der andern, so wird alles Wasser, welches auf der höher gelegenen Seite in diese Schicht eindringt, auf der niedriger gelegenen Seite wieder hervorquellen, und so kann es geschehen, daß Quellen auf Anhöhen entspringen, die gar nicht zu ihrer Speisung beitragen, während ihre Zuflüsse vielleicht von ziemlich entfernten, noch höheren Gegenden herkommen und einen weiten unterirdischen Weg, möglicherweise unter zwischenliegenden Vertiefungen hinweg, zurücklegen. Diese Fälle bieten zugleich Gelegenheit zu sogenannten artesischen Bohrbrunnen. Wenn man z. B. in der durch vorstehende Figur im Querschnitt dargestellten Vertiefung die wasserdichten Schichten a

durchbohrt, so wird das in der wasserreichen Schicht b angestaute Wasser gewaltsam durch das Bohrloch emporsteigen, und möglicherweise durch aufgesetzte Röhren bis in das Niveau des natürlichen Quellenpunktes der Schicht b emporgeleitet werden können.

Quellen dieser Art, mögen sie nun auf natürlichem oder auf künstlichem Wege — durch ein Bohrloch — ausfließen, besitzen, wie die vorigen, weil sie aus einer gewissen Tiefe kommen, stets eine höhere Temperatur als die mittlere der Gegend ist, und zwar eine um so höhere, aus je größeren Tiefen sie kommen. Ihre Temperatur und der weite Weg, den sie zuweilen durch Gesteine zurücklegen, veranlassen, daß sie sehr oft besonders mineralische sind und zu den specifisch sogenannten Mineralquellen gehören. Haben sie auf ihrem Wege Steinsalzlager durchdrungen, so sind sie Salzsoolen.

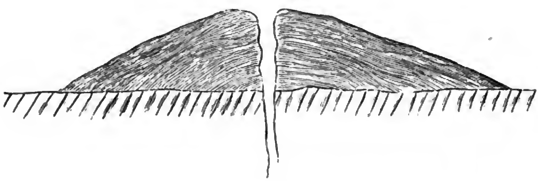
Es versteht sich von selbst, daß alle diese hier möglichst einfach dargestellten Fälle in der Natur der größten Mannigfaltigkeit unterworfen sind. Namentlich braucht, wie schon bemerkt, in dem letztern derselben die unterirdische Wasserleitung keineswegs gerade eine besondere Gesteinsschicht zu sein, die zufällige Verbindung mehrerer offenen Klüfte und mancherlei andere Umstände können ganz ähnliche Resultate liefern.

Die aus großer Tiefe kommenden Mineralquellen führen natürlich in der Regel weit mehr feste Bestandtheile aus dem Erdinnern mit an die Oberfläche, als die sehr oberflächlichen, um so mehr natürlich, je auflöslicher die durchdrungenen Gesteine sind. Man hat berechnet, daß die Karlsbader Quellen allein jährlich 130,000 Centner kohlensaures Natron und 200,000 Centner Glaubersalz zu Tage fördern. Die heiße Schwefelquelle von Waraßdin-Teplitz in Kroatien liefert jeden Tag 77,000 Eimer Wasser von 45° R., und dieses enthält an festen Bestandtheilen: Schwefel, Kali, Natron, Kalk, Talk, Eisen, Thon und Kiesel so viel, daß sie nach v. Hauer's Berechnung seit Beginn der christlichen Zeitrechnung, also seit 1860 Jahren, bereits 78 Millionen Centner davon zu Tage gefördert hat, welche einen Würfel von 160,000 Fuß Höhe bilden würden, also einen Berg weit größer als der Aetna.

Aber noch weit mehr beträgt das Quantum fester Theile, welches einige Salzsoolen und manche kalkartige Quellen aus dem Erdinnern an die Oberfläche führen. Die letzteren lagern ihre

Kalktheile gewöhnlich ganz in der Nähe ihrer Mündungen ab, und bilden hier zuweilen sehr mächtige Anhäufungen von Kalktuff oder Travertin. In einigen Gegenden, z. B. in Ungarn und in Algier, haben sich diese Absätze rings um die Quellen her angesetzt und so allmälig kleine Kegelberge aufgebaut, aus deren Gipfeln das Wasser hervorsprudelt. Ihre Gestalt gleicht im kleinen Maßstabe der der vulkanischen Auswurfskegel, und in der That ist auch eine gewisse Analogie ihrer Bildung unverkennbar. Da sie aus lauter allmälig über einander gebildeten dünnen Schichtabsätzen bestehen, so kann man sich ihren Querschnitt ideal ungefähr denken wie in folgender Abbildung.

Quellenkegel



Wird dieser Quellenkegel zu hoch für den Druck des aufsteigenden Wassers, so sucht es sich einen neuen Ausweg und bildet einen neuen Kegel.

Ganz dieselbe Form wiederholt sich auch an den Geyserkegeln auf Island, nur daß ihre Masse nicht aus kohlensaurem Kalk, sondern aus Kieselerde besteht. Die Geyser Islands (s. S. 63) zeigen überhaupt so eigenthümliche Erscheinungen, und sind in neuester Zeit so gründlich untersucht worden, daß wir etwas näher auf sie eingehen wollen.

Die Beschaffenheit des warmen Quellwassers, namentlich dessen Temperatur, zeigt sich auf Island sehr verschieden, und ebenso ungleich werden andere Eigenschaften der Quellen gefunden. Einige Quellen sind nur lauwarm, andere siedend heiß; diese fließen ruhig, sie lassen keine Aufwallungen wahrnehmen; jene dagegen sprudeln empor, kochen fortwährend auf, und manche, denen nur periodisch solche Erscheinungen eigen sind, bilden selbst mehr oder weniger beträchtliche Fontänen. In der Sprache der Eingeborenen heißen

letztere Quellen Huerer oder Geyser, die ersteren aber, die ruhig fließenden, Laugar.

Sartorius von Waltershausen, der Island im Jahre 1846 in Begleitung des Prof. Bunsen bereiste, beschreibt den großen Geyser, oder nach isländischer Schreibart Geysir, in folgender Weise: In einer etwa zwei Meilen breiten Ebene, die sich vom Fuße des Blafell gegen das Ufer des Meeres hin erstreckt und sich hier mit dem flachen moorigen Küstenlande zwischen dem Ingolfsjall und Eyjafjallajökull verbindet, liegt das Quellensystem des großen Geysir, am Fuße eines aus schieferigem Klingstein und einem grauen Trachyt zusammengesetzten Hügels, der den Namen Laugafjall führt. Nach allen Anzeichen bildete diese fast wagerechte, gegen die See hin kaum merklich gesenkte Ebene einen weiten Fiord, der sich aufwärts bis zu den zackigen Gebirgen der Jarlhettur und zu dem Blafellshals erstreckte.

Das weite Thal ist mit einem dichten grünen Teppich üppiger Wiesengründe überkleidet; mehrere größere und kleinere Flüsse winden sich, aus der Ferne gesehen, wie silberne Bänder durch die grasreiche Ebene, werden dann von höheren Ufern verdeckt und kommen wieder zum Vorschein. Der Blafell, der das Geysirthal im Nordosten schließt, liegt fern und blau, theilweise mit Schnee bedeckt, über der Ebene. Gegen Ost und Südost erblickt man flache Hügel und Bergreihen, über denen, von höheren Stellen aus gesehen, der Kegel des Hekla erscheint; auf der entgegengesetzten Seite liegt hinter dem Laugafjall der Bjarnaarfjall höher, steiler als jener, meist in düsteren blaugrauen Tönen verhüllt und an seinem Fuße mit weiten Matten, an seinem Gipfel mit schrofferen Felsgebilden bedeckt. Schon aus der Ferne bemerkt der Reisende am Fuße des Laugafjall entlang an verschiedenen Stellen weiße leichte Dämpfe, die über den Boden hinziehen, oder kräftigere Rauchsäulen wolkenförmig emporwirbeln; bald aber wird er in ein komplicirtes System größerer und kleinerer warmer Quellen und Kochbrunnen eingeführt, die hier Jahr aus Jahr ein, von besonders günstigen Umständen bedingt, aus einem gemeinsamen vulkanischen Spaltensystem hervorbrechen.

Das Geysirthal ist zum größern Theile mit einem sehr neuen Alluvium ausgefüllt, welches hin und wieder eine spätere Erhebung erlitten hat, und sich nördlich von den Quellen in einem wei-

ten Rücken gegen den Hof Haukadalr hin verbreitet. Durch diesen Untergrund, welcher durch eine dicke Schicht von Kieselsinter, dem Absatz der Quellen, allmälig überlagert worden ist, bricht der Geysir hervor. Von den Schichten dieses Quellenabsatzes hat sich rings um den Geysir in größeren Verhältnissen, in kleineren um die andern Sprudel, ein flacher Eruptionskegel gebildet, in dessen Mitte eine senkrechte cylindrische Röhre von weiterm oder engerm Durchmesser in der Art eines Brunnens in die Tiefe führt.

Der Geysir besitzt einen abgestumpften Eruptionskegel von aschgrauer Farbe, er ist gegen Osten unter einem Winkel von 8 bis 10 Graden geböscht; gegen Westen aber beträgt seine Neigung etwa nur 7 Grade. In diesen Kegel versenkt sich ein flaches Becken von etwa 50 Fuß Durchmesser, in dessen Mitte das Rohr des Kochbrunnens, mit einem dreimal kleinern Durchmesser von senkrechten Wänden umgeben, sich 70 Fuß in die Tiefe senkt. Daß sich von hier ab die verborgenen Kanäle weiter verzweigen, ist im höchsten Grade wahrscheinlich. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen ist das Becken mit krystallklarem, seegrünem Wasser erfüllt, welches eine Temperatur von 82 Grad C. besitzt, und läuft in drei kleinen Abflußrinnen über die nach Osten gewandte Böschung des Kegels ab. Nach einiger Zeit vernimmt man unterirdisches Donnern, das, wenn auch viel weniger laut, dem durchaus ähnlich ist, welches die Vulkane während ihrer Ausbrüche von sich geben. Die Oberfläche des Geysirkegels wird dabei in eine zitternde Bewegung versetzt. Während diese Erscheinung einige Sekunden fortdauert, dann zuweilen momentan nachläßt und wieder um so stärker beginnt, schwillt das Wasser im Becken, es wird nach oben konvex gewölbt, und zu gleicher Zeit steigen große Dampfblasen hervor, welche an der Oberfläche zerplatzen und das siedende Wasser mehrere Fuß hoch emporschleudern. Darauf wird es still; dichter weißer Dampf, der von jedem leichten Winde über die Ebene getrieben wird, umhüllt für kurze Zeit das Bassin. In sehr regelmäßigen Zwischenräumen von einer Stunde und 20 bis 30 Minuten wiederholt sich dieselbe Erscheinung einen Tag lang und auch wol länger ohne Unterbrechung, bis sie plötzlich einen etwas verschiedenen Charakter annimmt. Dann wird stärkeres Donnern aus der Tiefe vernommen; das Wasser schwillt im Bassin, schlägt hohe Wellen und wirbelt umher; in der Mitte erheben

sich gewaltige Dampfblasen, und nach wenigen Augenblicken schießt ein Wasserstrahl in feinen, blendend weißen Staub gelöst in die



Der Geysir auf Island.

Luft; er hat kaum eine Höhe von 80 bis 100 Fuß erreicht und seine einzelnen Perlen sind noch nicht im Zurückfallen begriffen, so folgt ein zweiter und dritter höher emporsteigender dem ersten nach. Größere und kleinere Strahlen verbreiten sich nun in allen Richtungen; einige sprühen seitwärts, kürzern Bogen folgend, andere schießen aber senkrecht empor mit sausendem Zischen, wie die Raketen bei einem Feuerwerk; ungeheure Dampfwolken wälzen sich über einander und verhüllen zum Theil die Wassergarbe; nur noch ein Stoß, ein dumpfer Schlag aus der Tiefe, dem ein spitziger, alle andern an Höhe überragender Strahl, auch wol von Steinen begleitet, nachfolgt, und die ganze Erscheinung stürzt, nachdem sie nur wenige Minuten gedauert, in sich zusammen, wie eine fantastische Traumgestalt beim Einbrechen des Morgens. Ehe noch

der dichte Dampf im Winde verzogen und das siedende Wasser an den Seiten des Kegels abgelaufen ist, liegt das vorhin ganz mit Wasser erfüllte Bassin trocken, mit aschgrauen Sinterperlen überdeckt, vor dem Auge des herannahenden Beobachters, der im tiefer führenden Rohre, fast 6 Fuß unter dem Rande, das Wasser ruhig und still wie in jedem andern Brunnen erblickt. Man muß dieses Schauspiel selbst sehen, beschreiben läßt es sich nur ungenügend, so oft es auch beschrieben worden ist; sein Anblick allein ist hinreichend, den Naturforscher reichlich zu entschädigen für die Anstrengungen, Entbehrungen und selbst Gefahren einer so mühsamen und oft so einförmigen Reise.

Nach dem Verlauf von einer Stunde, und auch wol nach noch kürzerer Zeit, fängt das Wasser im Rohre allmälig wieder an zu steigen, und nach einigen Stunden ist das Bassin ganz, wie vor der Eruption, bis zum Ueberlaufen mit fast siedendem Wasser erfüllt. Die Detonationen pflegen erst 4 bis 6 Stunden nach der Ausleerung des Bassins sich wieder einzustellen, und nehmen alsdann ihren regelmäßigen Verlauf bis zu der nächstfolgenden Eruption, welche mitunter mehr als einen Tag auf sich warten läßt. So geht dieses wunderbare Spiel Jahr aus Jahr ein, und ist ganz unabhängig von den Eruptionen des Hekla, die man zuweilen wol damit in Verbindung geglaubt hat.

Es ist offenbar nur abhängig von der Quantität des unterirdischen Zuflusses heißen Wassers, welches in letzter Instanz atmosphärischen Ursprungs ist, wie das jeder Quelle.

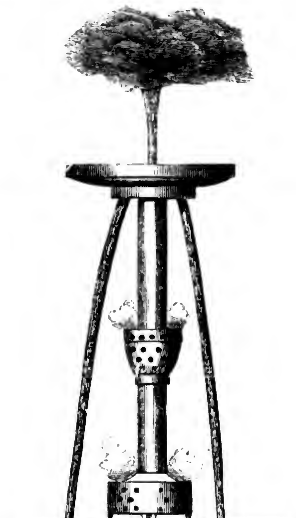
Bis vor wenigen Jahren glaubte man diese periodischen Wasserauswürfe durch unterirdische Höhlenräume erklären zu müssen. Professor Bunsen hat diese Ansicht berichtigt. Die Erscheinung erklärt sich nach ihm weit einfacher, und ist neuerlich durch Professor Müller in Freiburg sogar auf dem Wege des Experimentes nachgeahmt worden.

Sie beruht lediglich auf dem Umstande, daß das in dem Quellenschachte — dem Geyserrohr — stets aufsteigende Wasser in seiner Tiefe unter dem Druck der darauf lastenden Wassersäule eine weit höhere Temperatur besitzt, als der Siedepunkt des Wassers an der Oberfläche ist. Gelangen nun auf diese Weise so heiße Wassermassen durch ihr Aufsteigen schnell unter einen geringern Druck, als der, welcher ihrer Temperatur entspricht, so werden sie

plötzlich in Dampf verwandelt, und dieser Dampf schleudert nun die ganze noch darüber befindliche Wassersäule hoch in die Luft, wodurch die nachdringenden Wassermassen, ebenfalls von einem Theil des Druckes befreit, ebenso plötzlich in Dampfform übergehen. Der Geyser gleicht dann also einer großen Dampfkanone, welche statt mit Kugeln mit Wasser schießt. Und dieses Spiel, dieses Wasserausschleudern, dauert so lange fort, bis das ausgeworfene und stets zum Theil wieder in den Kessel zurückfallende Wasser so weit abgekühlt ist, daß es die fernere Dampfbildung verhindert. Hierauf tritt eine Periode der Ruhe ein, und diese währt so lange, bis die abgekühlte Wassersäule durch von unten nachdringende heiße Wassermassen abermals so weit erhitzt ist, daß die Dampfbildung aufs Neue beginnen kann.

Mehrere dem großen Geyser benachbarte Quellen zeigen ganz ähnliche Erscheinungen in kleinerem Maßstabe, was eben nur von den geringeren Dimensionen ihres Rohres und den geringeren Mengen des aufsteigenden Wassers abhängen wird.

Will man die Erscheinung nachahmen, so braucht man nur, wie Prof. Müller in Freiburg gezeigt hat, ein etwa 6 Fuß hohes, oben mit einem erweiterten Becken versehenes Blechrohr (s. Abbild.) mit Wasser zu füllen und von unten stark zu erhitzen. In ihm bilden sich dann ganz von selbst aufsteigende Wasserströmungen und den Geysereruptionen ähnliche Dampfexplosionen, die sich ebenfalls periodisch wiederholen.



Apparat zur Nachahmung der Geyserausbrüche.

Da das Quellwasser gewisse Salze und andere mineralische Theile enthält, welche im Regenwasser nicht enthalten sind, so muß es diese nothwendig während seines unterirdischen Laufes aufnehmen. Es muß deshalb auch durch jede, wenn auch nur wenig mineralhaltige Quelle im Laufe der Zeit eine gewisse Veränderung in dem Theile der festen Erdkruste hervorgebracht werden, welcher von deren Zuflüssen durchsickert wird. Diese Veränderungen, so unbedeutend und deshalb unbemerkbar sie im Laufe einiger Jahre sein mögen, müssen nothwendig bei unausgesetzter Thätigkeit, im Verlaufe von Jahrtausenden, sehr beträchtlich werden. Wo nur einzelne Gemengtheile der Gesteine, und auch diese nur in sehr geringem Grade auflöslich sind, da wird hierdurch nur eine Art von Verwitterung oder Auflockerung der Masse hervorgebracht werden; wo dagegen ganze Gesteinsmassen in Wasser auflöslich sind, wie Steinsalz. Gyps und in geringerm Grade selbst Dolorit und Kalkstein, da entstehen nothwendig durch solche unterirdische Auflösungen Hohlräume, Höhlen, sogenannte Kalkschlotten, Gypsschlotten, Erdpfeifen, oder wenigstens erweiterte Spalten. Dergleichen findet man in der That auch wirklich sehr häufig in den genannten Gesteinen, oder an der Stelle der früher von ihnen eingenommenen Räume. Es sind nur wenige unterirdische Höhlen auf eine andere als auf diese Weise entstanden, und deshalb finden sie sich auch ganz vorzugsweise in den genannten Gesteinen. In ihnen sind sie mit unregelmäßigen Erweiterungen oft meilenlang ausgedehnt, und entsprechen unterirdischen Wasserläufen, die manchmal auch noch jetzt in ihnen vorgefunden werden, während in andern Fällen die Niveauverhältnisse sich so wesentlich verändert haben, daß die Höhlen gegenwärtig trocken liegen, oder von neueren Einschwemmungen und Mineralbildungen theilweise wieder ausgefüllt sind.

Als mechanische Einschwemmungsprodukte findet man darin besonders Schlamm, Lehm, Gerölle, Bohnerz und Knochen von vorweltlichen Säugethieren; als krystallinische Mineralbildungen dagegen besonders Kalksinter, zuweilen in den prachtvollsten und sonderbarsten stalaktitischen Formen, welche durch Herabrinnen an den Wänden und Herabtropfen von den Vorsprüngen der Decke gebildet worden sind.

Sehr bekannt und vielfach besucht sind dergleichen Höhlen bei Rübeland am Harz, bei Liebenstein im Thüringer Walde, bei Muggen=

dorf und Streitberg in Bayern, in der Schwäbischen Alp und ganz besonders auch im Karstgebirge zwischen Triest und Laibach. Dieses letztere Kalksteingebiet ist so vollständig durchzogen von Spalten, unterirdischen Höhlenräumen und Wasserläufen in denselben, daß fast alles Wasser, was auf die Oberfläche niederfällt, sogleich seinen Weg in die Tiefe findet; da gibt es keine Quelle, keinen Bach, keinen Sumpf; eine dürre Steinwüste fast ohne Vegetation bildet die Oberfläche, in der Tiefe rinnt das befruchtende Wasser und tritt am Fuß der steinigen Hochebene sogleich in Form von Bächen und Flüssen hervor. Auf seinem Wege hat es nach und nach unzählige große Hohlräume ausgewaschen, die durch engere Spalten alle mit einander in Verbindung stehen. Wo die Hohlräume zu groß geworden sind, um ihrer Decke noch Halt zu gewähren, da sind sie eingestürzt und ihr Einsturz hat bis zur Oberfläche herauf fortgewirkt, die in Folge davon von unzähligen trichterförmigen Vertiefungen, sogenannten Erdfällen, durchzogen ist. Häufig liegen diese Trichter in langen gewundenen Reihen hintereinander und bezeichnen dergestalt den Lauf der unterirdischen Bäche; wo endlich mehrere sich durch fortdauerndes Nachbrechen vereinigt haben, da bilden sie wahre Thäler, zum Theil immer noch mit unterirdischem Wasserlauf; zum Theil hat aber das Wasser auch die bedeckenden Trümmer zerstört und fortgespült, und es sind so gewöhnliche Thäler mit einem offenen Bach entstanden. Was man im Karst so in allen möglichen Abstufungen des Werdens von den kleinsten zerstreuten Senkungen, bis zu zusammenhängenden tiefen Thaleinschnitten vor sich sieht, wiederholt sich mit minderer Konsequenz und Vollkommenheit auch in vielen andern Kalkstein- und Dolomitgebieten, und sicherlich verdanken gar manche schroffe Thalschluchten und Seebecken ihre Entstehung wesentlich solchen unterirdischen Auswaschungen. In den Kalkalpen und im Jura ließen sich zahlreiche Beispiele dafür anführen.

Doch genug von den Quellen und dem unterirdischen Lauf des Wassers, der den Uebergang zu den gewöhnlichen Bächen und Flüssen bildet. Wir wollen jetzt das Wasser in seinem Kreislaufe an der Oberfläche weiter verfolgen.

Die Quellen sammeln sich zu Bächen, die Bäche zu Flüssen, die Flüsse zu Strömen. Hat das Wasser bis dahin chemisch auflösend und durch Niederschlag ablagernd gewirkt, so wirkt es nun

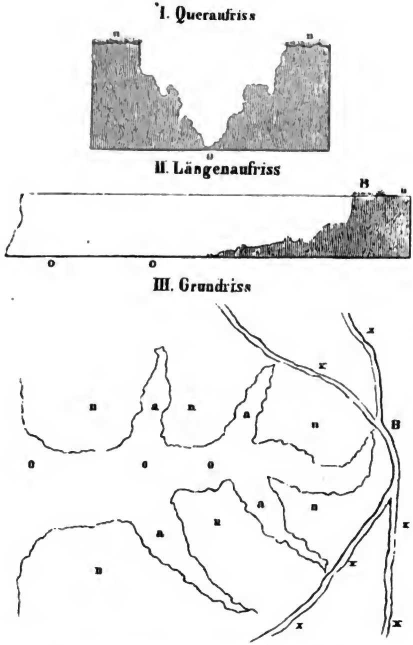
in seinem oberflächlichen Ablauf mehr mechanisch zerstörend, forttragend und wieder ablagernd. Wir brauchen hier nicht alle die Jedermann bekannten Vorgänge durchzusprechen: wie die Gebirgsbäche Theile an ihrem Ufer losreißen und diese, wie die hineingerollten Felstrümmer zu Geschieben abgerollt, große Strecken mit fortreißen, wie sie Sand- und Schlammtheile noch ungleich weiter mit sich fortführen, wie sie sich zuweilen ganz neue Betten eingraben, und wie sie auf diese Weise feste Theile fortwährend thalabwärts tragen, manchmal noch besonders verstärkt durch große Regenfluten oder durch Eisfahrten und temporäre Anstauungen.

Ob aber nicht nur die Flußbetten im engern Sinne, sondern auch die Thäler Folgen dieser Zerstörungen durch Wasser sind, das ist eine interessante und von den Geologen noch nicht für alle Fälle gelöste Frage, auf die wir hier etwas näher eingehen wollen.

Keinem Zweifel unterliegt es, daß durch große Fluten, Bäche und Flüsse noch jetzt zuweilen Thäler ausgefurcht werden, und zu allen Zeiten ausgefurcht worden sind, wo vorher überhaupt keine oder doch nur kürzere oder minder tiefe vorhanden waren. Das Wasser wirkt in diesen Fällen stets von der Mündung nach der Quelle zu, d. h. der Thaleinschnitt bildet und verlängt sich von unten nach oben. Ein paar Beispiele aus der Wirklichkeit werden diesen Thalbildungsproceß am besten erläutern.

Sehr lehrreich beschreibt J. G. Kohl in seinem Buche über Südrußland, wie in dessen Steppen beständig neue Regenschluchten, „Wuipolotsch“ der Kleinrussen, „Ruitwina“ der Großrussen, eingeschnitten werden, bis zur Länge einer halben Meile und 100 bis 150 Fuß tief.

Es entstehen diese in allen südrussischen Steppenländern vorkommenden Regenschluchten überall da, wo an dem Rande eines steilen Abhanges auf irgend eine Weise das Regenwasser immer auf dieselbe Stelle hingeführt wird. Solche Abhänge sind also z. B. das schroff abfallende Meeresufer und die Gehänge der größeren Flußthäler, wenn sie steil abfallen, wie das in diesen Steppengegenden in der Regel der Fall ist. An allen unter einem sehr kleinen Winkel abgedachten Bodenneigungen bilden sie sich aber nie.



Regenschlucht in den südrussischen Steppen.

B Punkt des Wassersturzes. xx Wege. aaa Nebenschluchten. o Schluchtsohle. nn hohe Steppe.

Wo aber der Abhang steil ist und das Regenwasser entweder in einer von der Natur gebildeten kleinen Vertiefung, oder in einem von Menschenhänden gemachten Graben, oder auch nur in einer vom Pfluge gezogenen Furche, oder in einem etwas ausgefahrenen Wege an seinen Rand geführt wird, stürzt es anfangs mit großer Gewalt den Abhang hinab, beraubt ihn seiner Grasnarbe und frißt nun im Fallen beständig an dem weichen Erdreiche, welches mit fortgeschwemmt wird. Auf diese Weise entsteht anfangs dann ein kleiner Einschnitt oder Ausriß in dem Abhange. Da nun

durch die oben auf der Steppe bleibende Vertiefung wieder Wasser zu der innersten Ecke dieses Einrisses hingeführt wird, so wird er dann landeinwärts rückschreitend fortgesetzt, indem zu beiden Seiten, wo kein Wasserfall stattfindet, das Erdreich von selbst abblättert, nachfällt und von dem in der Rinne des Schnitts laufenden Wasser fortgespült wird. Es sind danach also die Regenschluchten ganz und gar als Erzeugnisse rückwärtsschreitender Wasserfälle anzusehen. Da, wo das Wasser hinabstürzt, ist die Rinne auf mehrere Klaftern völlig perpendikulär abgetieft, an den Seiten geht es etwas minder steil zu der untersten Schluchtsohle hinab. Natürlich werden die Regenschluchten nie tiefer, als das steile Gehänge hinabgeht, in welches sie einschneiden, und nur an ihrer Mündung sind sie so tief wie das Thal, in das sie einmünden. Von dieser Mündung steigt ihre tiefste Rinne bis zur innersten Spitze immer etwas hinauf, indeß nur äußerst allmälig und unter einem anfangs sehr geringen, nachher immer bedeutenderen Winkel. Jedoch gibt es natürlich nach dem Grade der Steilheit des Gehänges und nach dem Alter der Ausbildung, welche die Schlucht erreicht hat, verschiedene Größen des Winkels.

Auf flachem oder schwachgeneigtem Boden kann, wie gesagt, keine Regenschlucht entstehen. Natürlich ist es aber sehr wohl möglich, daß sie, wenn sie am Abhange begann, rückschreitend weit in die Fläche zurückläuft. Man findet daher die Enden recht alter Regenschluchten oft mitten in der Fläche, weit von allem Abhange entfernt, und hier ist's dann, wo diese gefürchteten Ruitwinas dem Verkehre der Menschen sehr gefährlich und hinderlich werden. Da man in der Regel durchaus nirgends an ihren Gehängen, die selbst dem geschickten Fußgänger unersteigbar sind, hinabfahren kann, so hemmen sie natürlich allen Verkehr, dessen Richtung ihre Länge durchschneidet. Es kreuzen sich daher an den Spitzen dieser Regenschluchten immer mehrere Wege, die hier in einen Punkt zusammengedrängt werden.

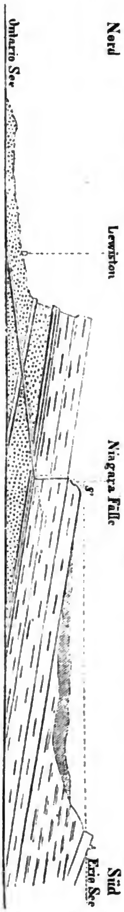
Zu den Seiten der Schluchten gibt es wieder andere kleinere Vertiefungen, die in sie einmünden. Diese würden von selbst keine Schlucht gebildet haben, weil sie über keinen Abhang hinaus mündeten. Da nun aber die große Hauptschlucht sich zu ihnen hinarbeitete und ihnen einen steilen Abhang gewährte, so begann hier nun auch eine Schluchtenbildung. Es entstehen auf diese Weise

zu den Seiten einer Hauptschlucht theils unzählig viele kleine Einrisse, theils auch recht bedeutend verzweigte Nebenschluchten. Durch diese Verzweigung und Spaltung wird die wildeste Zerreißung des Bodens hervorgebracht, die Bildung weit vorspringender Vorgebirge, schmaler Kämme und Landzungen, die zu beiden Seiten schroffe Abstürze haben. Im Winter garnirt das Eis die ganze Schlucht rund umher mit gewaltigen krystallenen Zacken und Säulen aus. Es bauen sich Eisbrücken von Wand zu Wand, und eine trügerische Schneedecke legt sich über diese oft morschen Brücken, die unter den vom Wege abirrenden Schlitten zusammenbrechen und in der Tiefe die Schmerzen und Todesangst der armen Fuhrleute und Ochsen mit Schnee und Kälte begraben. Im Frühling aber stürzen in alle innersten Schluchtenwinkel kleine Wasserfälle hinein, und in der Tiefe braust ein schmutziger Schlammstrom, der bei den Schluchten in der Nähe der Städte noch widriger wird, da diese hier als Kloaken benutzt werden, in die man allen Unrath und das gefallene Vieh hinabstürzt.

Diese südrussische Thalbildung ist ihrer Natur nach höchst ähnlich der Thalbildung durch das stete Zurückweichen des Niagarafalles, welches Lyell so vortrefflich beschrieben hat. Nur der Maßstab ist verschieden.

Man hat oftmals die Frage aufgeworfen, ob die Fälle des Niagara einst wirklich 7 englische Meilen nördlicher, bei Queenstown, gelegen gewesen seien, wie die Geologen behaupten. Es ist das im höchsten Grade wahrscheinlich. Die nachstehende ideale Vogelperspektive mag dazu dienen, dem Leser, der diesen Ort nicht selbst besucht hat, einen Ueberblick von der sehr einfachen geographischen Konfiguration des Landes zu geben.

Die Hochebene, in welcher der Erie-See liegt, ist etwa 330 Fuß höher als der Ontario-See, und das Herabsteigen von der höhern zur niedern Fläche ist bei den Abhängen, welche man die Höhen von Queenstown nennt, plötzlich und steil. Die Schichtung in dieser Gegend ist fast ganz horizontal, nur eine geringe Neigung zeigt sie. Alle die Gebirgsarten, welche hier über einander liegen, gehören als verschiedene Glieder einer der ältesten sedimentären Formationen, nämlich der silurischen, an; die obersten und jüngsten Schichten sieht man dem Erie-See zunächst. Der Niagara ist da, wo er aus dem Erie-See heraustritt, von niedrigen



Idealer Längen-Durchschnitt des Niagaragebietes.

Ufern begrenzt, abwechselnd 1 bis 3 englische Meilen breit. Er erscheint hier als eine Verlängerung des ruhigen Sees, zertheilt durch niedrige, mit Wald bewachsene Inseln. Dieses seeähnliche Ansehen behält er auf einer Strecke von ungefähr 15 englischen Meilen, indem das Gefälle des Flusses kaum so viele Fuß beträgt; aber nachdem er die Stromschnelle erreicht hat, steigt er auf eine Meile ungefähr 50 Fuß abwärts, um dann bei den Wasserfällen selbst, ungefähr 165 Fuß hoch, senkrecht sich hinabzustürzen. Der größte Wasserfall, welcher Horseshoe-Fall (Pferdehufeisenfall) genannt wird, ist 1800 Fuß breit, die ihn begrenzende Insel hat eine etwas geringere Ausdehnung, und die Breite des schmälern American-Fall, jenseit der Insel, beträgt ungefähr 600 Fuß. Der tiefe enge Schlund unterhalb des großen Kataraktes ist 200 bis 500 Ellen breit und 300 Fuß tief; von hier an fällt der Fluß auf einer Strecke von 7 englischen Meilen etwa 100 Fuß, und ergießt sich aus der Schlucht in die offene und flache Landschaft, welche sich über die Fläche des Ontario-Sees so wenig erhebt, daß auf die 7 Meilen, welche Queenstown noch von dem See entfernt ist, die Neigung nur ungefähr 4 Fuß beträgt. Das weite Flußbett schlängelt sich und macht eine Windung von einem fast rechten Winkel bei dem sogenannten Strudel, wo der Niagara in ein großes rundes Bassin sich kreisförmig bewegend hineinströmt. Dies ist jedoch auf der Abbildung als beinahe geradlinig dargestellt, um die Schichtung besser zeigen zu können, und die proportionelle Höhe ist absichtlich vergrößert worden. An einigen Punkten sind die felsigen Ufer an der einen Seite von der anhaltenden Strömung untergraben, gewöhnlich aber befindet sich am Fuße des Steilabhanges eine flachere Böschung,



1. Kalkstein. 2. Schiefer mit Salz. 3. Kalkstein. 4. Schiefer. 5. Sandstein.

Lewiston. Ideale Vogelperspektive des Niagaragebiets. Queenstown. St. Davids.

welche mit einem prächtigen Saume von Bäumen besetzt ist. Auch diese ist in der Abbildung weggelassen.

Man hat bereits seit langer Zeit allgemein angenommen, schon infolge einer oberflächlichen Betrachtung dieses Distrikts, daß der Niagara einst in einem flachen Thale über die ganze Hochebene geflossen sei, von den jetzigen Wasserfällen an bis zu den Höhen von Queenstown und Lewiston, wo man glaubt, daß die Fälle zuerst gewesen und ihren Ursprung gehabt haben, dergestalt, daß der Fluß durch allmäliges Zurückweichen des Wasserfalles sich rückwärts 7 Meilen weit allmälig durch die Felsen hindurch seine Bahn gebrochen habe. Nach dieser Voraussetzung müßten die Fälle ursprünglich doppelt so hoch als jetzt gewesen sein und nach und nach an Größe abgenommen haben, und würden noch jetzt fortfahren, sich zu verkleinern, in dem Maße als sie gegen den Erie-See aufrücken. Es ist deshalb von nicht geringer Wichtigkeit, zu untersuchen, auf welche Weise und in welchem Grade die Aushöhlung noch jetzt bewirkt wird, um so ein Maß zu erhalten für die Beurtheilung der ganzen Annahme, und besonders auch für die Berechnung, wie viele Jahrhunderte oder Jahrtau-



Idealer Durchschnitt des Niagarafalles.

sende erforderlich gewesen sind, um das bis jetzt gebildete Thal auszuhöhlen.

Es ist eine ausgemachte Thatsache, daß die Wasserfälle nicht absolut auf demselben Punkte stehen bleiben; sie haben ihre Lage während des letzten halben Jahrhunderts ein wenig verändert, und jeder Beobachter wird sich überzeugen, daß der kleine Theil des großen Flußbettes, welcher seit der historischen Erinnerung ausgespült worden ist, eine ganz gleiche Beschaffenheit hat wie die ganze 7 Meilen lange Thalschlucht unterhalb des Falles.

Das Wasser, nachdem es die ungefähr 50 Fuß mächtigen oberen Kalksteinlager schräg durchbrochen hat, stürzt sich in den Fällen senkrecht über eine andere ungefähr 90 Fuß mächtige Kalksteinmasse herab, unter welcher weiche Schiefer von fast gleicher Mächtigkeit lagern, die fortwährend durch die Thätigkeit der von den Windstößen heftig gegen die Basis des Abhanges angeworfenen Baumstämme untergraben werden. Infolge dieser Zerstörung verlieren einzelne Theile der auflagernden Felsen zuletzt ihre Stütze, und stürzen von Zeit zu Zeit herab, sodaß der Wasserfall immer weiter südlich zurückweichen muß, dabei aber immer ziemlich senkrecht bleibt. Der plötzliche Einsturz mächtiger Felsblöcke von unterminirtem Kalkstein am Horseshoe-Fall im Jahre 1828 und ein anderer am American-Fall im Jahre 1818 soll die ganze umliegende Gegend gleichwie ein Erdbeben erschüttert haben. Seit dem Jahre 1815 hat sich bei dem kleinern Wasserfalle in der Mitte des Kalksteinlagers ein Ausschnitt von ungefähr 40 Fuß gebildet, sodaß derselbe allmälig die Gestalt eines Halbmondes angenommen, während zu derselben Zeit der Horseshoe-Fall sich so verändert hat, daß er kaum noch diesen Namen (Hufeisenfall) zu verdienen scheint.

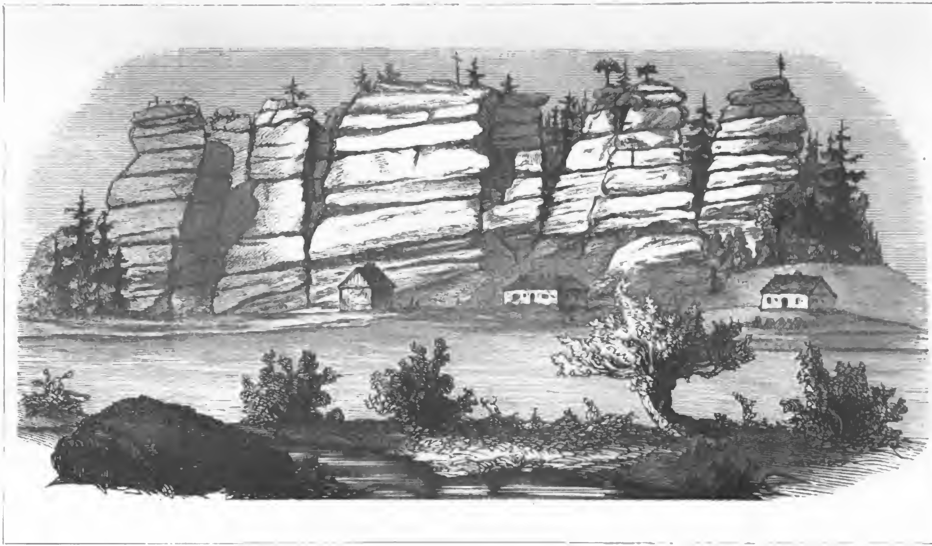
Bakewell berechnete, daß der Niagara in den 40 dem Jahre 1830 vorhergehenden Jahren durchschnittlich jährlich ungefähr eine Elle zurückgegangen sei; aber Lyell hält die Annahme von nur ein Fuß jährlich für wahrscheinlicher, und in diesem Falle würden 35,000 Jahre erforderlich gewesen sein, um die Wasserfälle von dem Abhange bei Queenstown bis zu ihrer gegenwärtigen Lage zu bringen, wenn man annehmen könnte, daß die retrograde Bewegung durchaus gleichförmig gewesen sei. Dies ist jedoch nicht anzunehmen, da bei jedem Vorschritte des Zerstörungsprocesses die Höhe des Abhanges, die Härte des Materials an seiner Basis

und die Quantität der herabgefallenen Steinmassen, die fortgeschoben werden mußte, auch sehr verschieden gewesen ist. An einigen Stellen mag die Zerstörung schneller, an andern langsamer als jetzt von Statten gegangen sein, und es würde kaum möglich sein zu bestimmen, ob im Durchschnitt der Proceß mehr oder weniger schnell als jetzt gewesen sei.

Bestimmte Nachrichten über das Zurückweichen der Fälle und das Vorschreiten der Thalbildung sind aus alten Zeiten leider nicht vorhanden, glücklicherweise findet sich aber ein geologischer Beweis dafür, daß der Fluß einst wirklich über die Hochebene hinströmte und erst in der Region zwischen Queenstown und Lewiston sich hinabstürzte. Dieser Beweis besteht in deutlichen Spuren des alten Flußbettes, welches nicht stets und überall genau der jetzigen Thalauswaschung entsprochen zu haben, sondern zuweilen seitliche, später verlassene Windungen gemacht zu haben scheint. Man findet in diesem alten Flußbette auf der Höhe deutliche Niagarageschiebe und Flußmuscheln, welche den noch jetzt im Flusse lebenden Arten entsprechen. Es ist somit unzweifelhaft, daß dieser ganze untere Thaleinschnitt nach und nach vom Fluß ausgewaschen worden ist, und daß eine solche Auswaschung noch fortdauernd stattfindet.

Wir übergehen hier, als zu weit führend, die Betrachtungen, welche sich über das endliche Resultat dieses Vorganges anstellen lassen, sowie über das Alter der Diluvialzeit, welche Lyell sehr geschickt daran anknüpft, da es uns hier nur darauf ankam, die thalbildende Wirkung des fließenden Wassers zu zeigen.

Auch die romantischen Felsenthäler der sogenannten sächsischen Schweiz sind größtentheils nur Auswaschungsthäler, ohne daß sich eine andere Ursache ihrer Entstehung oder Richtung mit einiger Wahrscheinlichkeit erkennen läßt. Ja selbst die frei hervorragenden Felspfeiler, wie der Königstein, Lilienstein, Pfaffenstein u. s. w., welche die flachen Höhen zwischen den schroffen Felsenthälern krönen, scheinen hier nur der Ueberrest einer sehr großartigen Auswaschung zu sein, welche aber in einer vorhistorischen Zeit, unter ganz andern Umständen, als den gegenwärtigen, stattgefunden hat, und von deren Fortdauer sich jetzt nur noch Spuren im kleinsten Maßstabe beobachten lassen. Daß diese merkwürdigen Felsformen wesentlich nur die Resultate von Auswaschungen sind, geht nament-



Der Kreuzberg im Bilaer Grunde.

lich aus der fast überall noch ungestörten horizontalen Schichtung hervor, die an den gegenüberliegenden Thalwänden meist eine vollständig übereinstimmende ist. Wir müssen uns denken, daß in der sächsischen Schweiz zunächst eine obere Sandsteinplatte, aus horizontalen Schichten bestehend, bis auf wenige Ueberreste von einer breiten Wasserströmung weggespült worden ist. Diese Ueberreste bilden jetzt die hohen Felspfeiler wie eben den Lilienstein, den Königstein und ihre Genossen. Dann erst sind in das Plateau, welches diese Felspfeiler trägt, in die untere Sandsteinplatte, das jetzige Elbthal mit seinen zahlreichen Seitenthälern und engen Felsschluchten eingewaschen worden, wobei die vertikale Zerklüftung dieser Sandsteinbänke oft die specielle Richtung vorschrieb, und die besondere Form der stehenbleibenden Felspfeiler und Wände bedingte.



Der Bär zunächst der Schweizermühle im Bilaer Grunde.

Einige Abbildungen aus v. Gutbier's trefflicher Schilderung dieses Gebirgslandes dürften geeignet sein, diese Bemerkung anschaulicher zu machen; ich lasse dieselben hier mit kurzen Bemerkungen darunter folgen.

Die umstehende Abbildung stellt den Kreuzberg dar, welcher einen Theil der Thalwand des Bilaer Grundes bildet. Man erkennt sehr deutlich die horizontale Schichtung des Sandsteins (Quadersandsteins), und alle die vertikalen Spalten in der Felswand sind nichts Anderes als durch Auswaschung zu Schluchten erweiterte Absonderungsklüfte. Die Auswaschung ist stets auf den Schichtungsklüften etwas tiefer eingedrungen, und jede Schicht ragt deshalb an der Felswand als eine breite abgerundete Leiste hervor.

Dieser Umstand tritt noch deutlicher an manchen sehr isolirt übrig gebliebenen Felspfeilern hervor, wie z. B. am sogenannten Bär in der Nähe der Schweizermühle in demselben Grunde.

Die Auswaschung in Verbindung mit späterer Verwitterung hat oft noch wunderbarere und kühnere Felsformen übrig gelassen, die durch ihre aufrechte Stellung erweisen, daß sie durchaus nur das Resultat eines ohne alle Bodenerschütterung wirkenden Vorganges sein können. Jedes einigermaßen starke Erdbeben würde offenbar Felspfeiler wie die nachstehenden augenblicklich umstürzen.

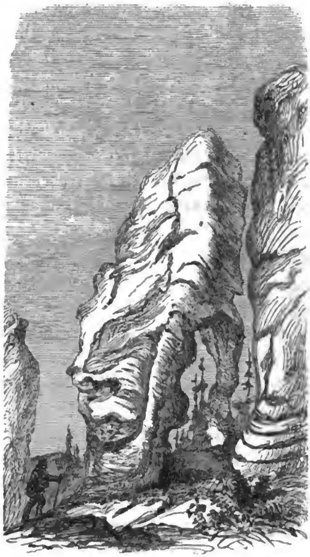


Felsensäule am Pfaffenstein.



Die Katzenkirche im Thale von Dittersbach.

Auch Höhlen hat das Wasser in diese Sandsteinfelsen häufig eingenagt, wobei es stets wieder die zufällig weicheren Theile zerstörte, die festeren aber stehen ließ. So z. B. das Thor an den Tyssaer Wänden, die Kleinsteinhöhle in der Nähe von Saups=



Thor an den Tyssaer Wänden.

dorf, und die viel besuchten: den Kuhstall und das Prebischthor. Aber, wie schon bemerkt, bei diesen Aushöhlungen scheinen außer fließendem Wasser wol auch Wetterwirkungen thätig gewesen zu sein, worauf ich später zurückkommen werde.

Obwol nun zwar die vorstehenden Beispiele deutlich zeigen, daß das fließende Wasser für sich allein Thäler zu bilden vermag, die man deshalb Auswaschungs- oder Erosionsthäler zu nennen pflegt, so ist damit doch keineswegs erwiesen, daß überhaupt alle Thäler lediglich durch abfließendes Wasser gebildet seien. Im Gegentheil, die vorstehenden Beispiele gelten durchaus nur für eine besondere Klasse von Thälern, die in den Boden von über das benachbarte Land oder Meer erhabenen Ebenen eingeschnitten sind, während man dagegen in Gebirgsgegenden Thäler ganz anderer Natur findet, die von Bergen sehr ungleicher Höhe, bis mehrere

tausend Fuß hoch, eingefaßt werden, und deren Tiefe, Weite oder Richtung oft in gar keinem Verhältniß zu dem darin fließenden Wasser steht, sodaß wenigstens das gegenwärtig sie durchströmende Wasser allein — ganz unmöglich sie gebildet haben kann.



Die Kleinsteinhöhle.

Die Alpenkette liefert uns die auffallendsten Beispiele von Thälern solcher Art, die sich indessen, nur in kleinerm Maßstabe, in allen Gebirgen vorfinden. Ja man kann sagen, die überwiegende Mehrzahl aller Gebirgsthäler gehört dieser zweiten Klasse an.

Zwei Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß dergleichen Thäler ihre Existenz nicht lediglich dem vom Gebirge abfließenden Wasser, und überhaupt nicht lediglich dem Wasser verdanken können. In beiden nachstehenden Fällen finden wir in demselben Hauptthal (oder Thalsystem) mehrere Flüsse, nach derselben oder nach entgegengesetzten Richtungen fließend, hintereinander. Beide sind sogenannte Längenthäler, welche mit der Hauptachse der Alpen parallel laufen, während man von nur durch Wasser gebildeten Thälern stets erwarten muß, daß sie vorherrschend der Neigung der Gebirgsabdachung folgen, und also vom Kamme des Gebirges mehr rechtwinklig ausgehen; in beiden endlich ist die Wassermasse

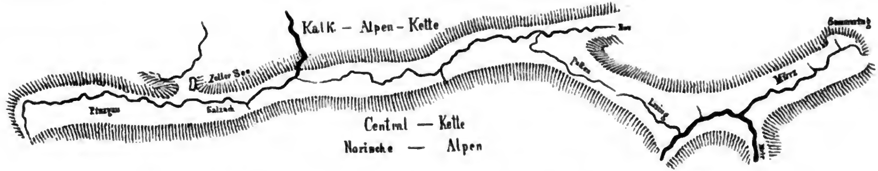
der Flüsse verschwindend klein gegen die Tiefe und Weite des Thales, ja einige Theile dieser Thäler sind sogar ganz ohne konstanten Wasserlauf, wie denn überhaupt in Gebirgen ausnahmsweise Thäler gefunden werden, in welchen gar kein fließendes Wasser vorhanden ist.

Das erste dieser Beispiele ist die 36 Meilen lange thalförmige Depression, welche die nördlichen Kalkalpen von der Centralkette der österreichischen Alpen trennt; in ihr rinnen die Salza, die Ens, die Parthen, die Liesing, die Mur und die Mürz so hinter einander, wie es der obere Holzschnitt auf nächstfolgender Seite zeigt, auf welchem jedoch alle Seitenthäler und Seitenflüsse weggelassen, die Bergreihen nur angedeutet sind.

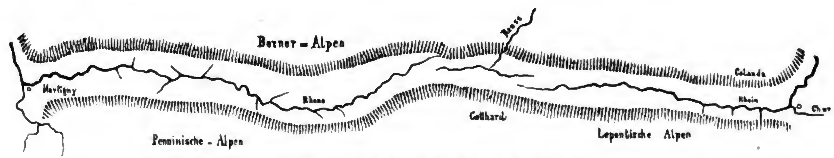
Als zweites Beispiel diene uns die etwa 30 Meilen lange Thalfurche der Schweizeralpen zwischen Martigny und Chur (unterer Holzschnitt), in welcher ebenfalls die entgegengesetzten Flußrichtungen des Rheines, der Reußquellen und der Rhone gefunden werden, obwol auch diese lange, fast geradlinige Einsenkung offenbar durch eine gemeinsame Ursache bedingt ist. Der Lauf der Hauptflüsse und Bergketten ist auch auf diesem Holzschnitte nur ganz im Allgemeinen angedeutet. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen noch sehr viele andere Längenthäler der Alpenkette und der Jurakette.

Sehr wahrscheinlich sind diese, wie die meisten Gebirgsthäler, ursprünglich durch Zerspaltung (Aufbersten) bei Erhebung der Gebirge bedingt, später aber allerdings durch Wirkung des Wassers so erweitert und ausgetieft worden, wie wir sie gegenwärtig vorfinden.

Man pflegt demgemäß **Erhebungsthäler** und **Auswaschungsthäler** zu unterscheiden, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die ersteren nur höchst ausnahmsweise rein, als unveränderte Spalten auftreten. In den meisten Fällen haben Zerspaltungen nur den Weg für den Wasserablauf vorgeschrieben; dieses hat dann aber die Zerspaltung erst zu einem wirklichen Thal erweitert und ausgearbeitet, derart, daß die vorhandenen Thalformen wol größtentheils und ganz wesentlich das Produkt der Wasserwirkung sind. Das Wasser griff dabei vorzugsweise gewisse weichere, auflöslichere, oder vorzugsweise stark zerklüftete Gesteine an, während andere von größerer Widerstandsfähigkeit umgangen und durch



Thalförmige Depression zwischen den nördlichen Kalkalpen und der Centralkette der norischen Alpen.



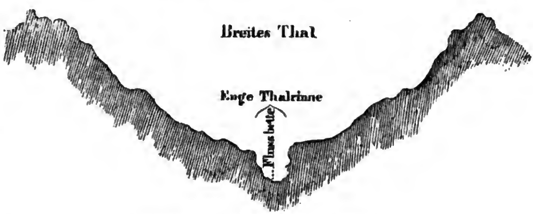
Thalfurche der Schweizer Alpen zwischen Martigny und Chur.

Abspülung der weicheren Hüllen freigelegt, als Vorsprünge, Felsen oder Berge und Hügel in den Thälern stehen blieben.

Das Wasser wirkt aber nicht blos in Form von Bächen und Flüssen thalbildend, sondern auch das Meer nagt durch Strömungen oder durch Wellenschlag an seinen Küsten mit der Zeit thalartige Vertiefungen aus, für welche es keinen bezeichnendern Ausdruck gibt, als das skandinavische Wort **Fiord**, wie denn auch diese Oberflächenformen kaum irgendwo so häufig und charakteristisch auftreten, als an der Westküste Norwegens.

Auch einige Alpenthäler tragen ganz den Charakter von erhobenen Fiords (schmalen Meereseinschnitten) an sich; es scheint, daß sich ihre Gestaltung hauptsächlich aus der Zeit herschreibt, wo nur erst die höchsten Theile dieser Gebirgskette über den Meeresspiegel hervorragten.

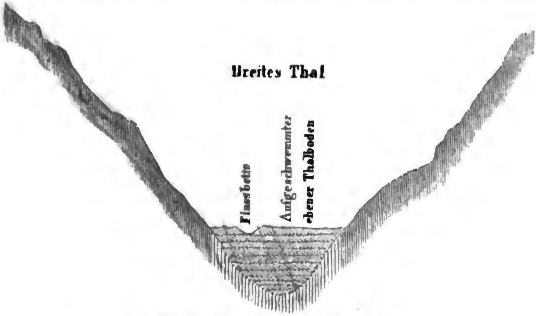
In vielen Alpenthälern erkennt man noch jetzt einen zweifachen Bildungsproceß. Die **steiler geneigten** werden fortwäh-



Querschnitt einer sich vertiefenden Thalrinne.

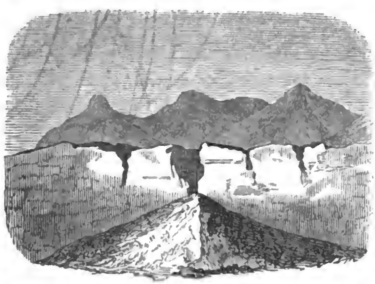
rend durch die Wirkung ihrer Gewässer ausgetieft, sehr häufig erkennt man in dem Boden der breiten Thalmulde eine enge, sich durch den Fluß immer mehr vertiefende Thalrinne derart, daß der Querschnitt etwa vorstehender Abbildung gleicht, und es scheint fast, als müsse die breite Hauptrinne von einer andern Ursache herrühren, als die enge, welche oft einen gewundenen Lauf in jener nimmt, während **weniger stark geneigte Thäler** oft einen breiten, ebenen Thalboden (s. folgende Abbild.) erkennen lassen, der offenbar durch allmälige Ausfüllung eines tiefern Einschnittes, zuweilen wol auch durch Ausfüllung von Gebirgsseen entstanden ist, und oft noch fortwährend durch Einschwemmungen

aus den Seitenthälern und Schluchten erhöht wird. Diese Einschwemmungen bilden vor ihren Einmündungsstellen breite Alluvial-



Breiter ebener Thalboden durch Ausfüllung.

kegel, sogenannte „Muren", die zuweilen eine Höhe von 500 bis 600 Fuß erreichen. Die nachstehende Abbildung stellt solche Muren in einem breiten Alpenthale dar, deren Material aus den engen und steilen Seitenschluchten hervorgespült ist, und wesentlich aus Steinschutt, Geröllen und Sand besteht, während die feineren Schlammtheilchen, welche sich bei der Abschwemmung bildeten, vom Wasser weiter mit fortgeführt werden, und erst in den Thalniederungen zur horizontalen Ablagerung gelangen.



Gar nicht selten findet man auch an den Seitenwänden der Gebirgsthäler terrassenförmige Geschiebeanhäufungen, welche sehr

deutlich früher höhere Wasserstände bezeichnen. In dem nachstehenden von v. Morlot entlehnten theoretischen Profil eines



Thalterrassen.

Alpenthales bezeichnet die Linie a a das jetzige Flußbette, b b die Absätze eines früher höhern Flußwasserstandes als Thalterrasse. Aber wie gesagt, der Thalbildungsproceß ist noch in gar mancher Beziehung ein Problem der Geologie, dessen allseitige und specielle Lösung zu versuchen hier nicht der Ort sein würde.

Was das Wasser an dem einen Orte losgerissen hat, setzt es unzweifelhaft an einem andern wieder ab. Daß die von Flüssen durchströmten Landseen auf diese Weise nach und nach ausgefüllt werden und deshalb sämmtlich ihrem, wenn auch höchst langsamen Untergange entgegengehen, und daß die Flüsse vor ihren Mündungen in das Meer, wenn nicht Strömungen des letztern es verhindern, breite Ablagerungen, Sandbänke und Deltabildungen veranlassen, sind Thatsachen, die ich wol als allgemein bekannt voraussetzen darf, sodaß ich hier nur einige besondere darauf Bezug habende Umstände berühren zu müssen glaube.

Der Sand- und Schlammgehalt der Flüsse ist sehr ungleich. Der Rhein strömt trübe in den Bodensee ein, aber ziemlich abgeklärt wieder daraus hervor. All der Sand und Schlamm, den er oberhalb mit sich führte, bleibt offenbar in dem Seebecken zurück und wird es allmälig ausfüllen. Seine Seitenflüsse führen ihm indessen bald genug wieder so viele erdige Theile zu, daß der Gehalt desselben bei Bonn und Köln oft $^1/_{100}$ seiner Wassermasse beträgt. Außerdem sind aber stets auch noch einige mineralische Bestandtheile chemisch im Wasser aufgelöst.

Man schätzt, daß der Rhein jährlich etwa 200 Millionen Kubikfuß feste Masse in das Meer einführen möge. A. Taylor hat versucht, die Menge fester Stoffe annähernd zu bestimmen, welche von allen Flüssen der Erde theils chemisch aufgelöst, theils mechanisch in das Meer eingeschwemmt wird, und ist dadurch zu dem Schluß gelangt, daß dieselbe soviel betragen möge, um durch ihre Ablagerung auf

dem Meeresboden das allgemeine Niveau desselben in 10,000 Jahren um drei Zoll zu erhöhen. Er hat außerdem berechnet, daß die Fortschwemmung fester Stoffe durch den Mississippi so groß ist, daß dadurch ein Flächenraum von 100,000 Quadratmeilen in 9000 Jahren durchschnittlich um einen Fuß erniedrigt werden müßte. Im Ganges ist die Menge fester Bestandtheile so viel größer, daß er zu demselben Resultat nur 1794 Jahre nöthig haben würde.

Das Delta, welches der Ganges allmälig vor seiner ursprünglichen Mündung aufgebaut hat, besitzt einen Durchmesser von 40 Meilen, und neben dem untern Lauf des Mississippi berechnet man den durch den Fluß neu gebildeten Alluvialboden auf 14,000 englische Quadratmeilen, ja am Missouri oberhalb der Einmündung des Ohio sogar auf 16,000 bei einer bis 528 Fuß ansteigenden Dicke.

Da dieser Fluß nach ungefährer Berechnung jährlich etwa 3,702,758,000 Kubikfuß anschwemmt, so dürfte bei gleichbleibenden Verhältnissen etwa ein Zeitraum von 67,000 Jahren nöthig gewesen sein, um dieses Resultat herbeizuführen.

Diese wenigen Zahlen mögen hinreichen, um eine ungefähre Idee von den Wirkungen der Flüsse in dieser Beziehung zu geben, während ein sehr großer anderer Theil derselben sich unsern Beobachtungen unter dem Meeresspiegel entzieht.

Wir wenden uns nun dem Meere zu, diesem unermeßlichen Sammelbecken alles Wassers der Erde. Nur seine horizontale Ausdehnung kennt man, die größten Tiefen sind noch ungemessen. Zwischen Rio Janeiro und dem Vorgebirge der guten Hoffnung fand Denham eine Meerestiefe von 43,000 Fuß, also die Senkung des Meeresbodens unter dessen Spiegel an dieser Stelle beinahe noch einmal so groß als die höchsten Berge im Himalaja über denselben aufsteigen.

Aber diese ungeheuere Wassermasse ist keineswegs eine ruhende, sie wird stets bewegt durch Ebbe und Flut (als Folgen der Anziehung von Mond und Sonne), durch konstante und wechselnde Strömungen, welche gleich mächtigen Flüssen sich zwischen verhältnißmäßig ruhigeren Meerestheilen hinbewegen, und durch die Einwirkung der Winde. Am heftigsten und am zerstörendsten äußern sich alle diese Bewegungen an den Küsten, in Gestalt der Bran-

dung. Daher kommt es denn, daß an sehr vielen Orten die Küsten stets vom Meere angenagt und je nach dem Widerstand, den sie leisten, je nach der Festigkeit des Gesteins, woraus sie bestehen, langsamer oder schneller zerstört werden. An einigen Stellen freilich lagert das Meer auch wol Sand, Schlamm oder Muschelschalen an den Küsten ab, und vergrößert dadurch ihre Ausdehnung; bei weitem an den meisten Punkten aber greift es allmälig in das Land ein. Wo die Gesteine der Küsten sehr fest sind, z. B. aus Granit bestehen, da ist dieser Eingriff in menschlichen Beobachtungszeiträumen ganz unmerklich. An andern Stellen, wo weichere Gesteine herrschen, ist er dagegen sehr bemerkbar, und ganze Inseln gehen durch ihn sichtbar ihrer Zerstörung entgegen, so z. B. Helgoland und Schepey.

Als ein schönes Beispiel der Auswaschung, selbst fester Felsen, durch die Wogen des Meeres, möge die Leuchtthurminsel South Stack neben Anglesea dienen.



South Stack bei Anglesea.

Dieser frei aus dem Meere hervorragende Felsen besteht aus krystallinischen Schiefern, deren Schiefertextur auf eine merkwürdige

Weise gewunden ist. Das Meer hat hier Grotten ausgespült, und runde Pfeiler gleichsam als Stützen stehen lassen.

Wol mögen hier und da auch die konstanten Strömungen des Meeres allmälig thalartige Furchen in den Meeresboden einnagen, aber dieser Vorgang ist — wenn er überhaupt stattfindet — unserer Beobachtung entzogen.

Alle die festen Theilchen nun, welche die Flüsse in das Meer einführen, welche das Meer selbst losreißt, sowie die, welche durch Meeresthiere aus der Auflösung in Wasser niederschlagen und in ihren kalkigen Schalen und Gehäusen koncentrirt werden, kommen auf dem Boden desselben oder an seinen Küsten zur Ablagerung. Nur in letzterem Falle — an den Küsten — beobachten wir zuweilen diese Vorgänge; es ist aber ganz unzweifelhaft, daß die bei weitem größere Menge des Materials in uns unzugänglichen, unbekannten Tiefen und Regionen sich zu Gesteinsschichten anhäufen muß, ähnlich denen, welche wir als Flötzformationen aus früheren Ablagerungsperioden, und jetzt durch vulkanische Thätigkeit, als Land, an's Tageslicht erhoben, so vielfach kennen.

Ich werde ein ander Mal Gelegenheit nehmen, von den zahlreichen organischen Ueberresten zu sprechen, welche als Versteinerungen in diesen vom Meere oder von süßen Gewässern abgelagerten Schichten enthalten zu sein pflegen.

Das Meerwasser enthält bekanntlich chemisch aufgelöst kleine Quantitäten gewisser Salze und anderer mineralischer Bestandtheile. Diese fallen in der Regel nicht mit den mechanisch getragenen festen Theilchen zu Boden. Ausnahmsweise, durch besondere, aber noch unbekannte Umstände veranlaßt, scheint es indessen doch auch der Fall zu sein, wenigstens sprechen dafür auf das Bestimmteste die mehrfach zwischen die Flötzformationen eingelagerten Steinsalzbildungen, welche hauptsächlich aus dem Salz bestehen, welches auch im Meerwasser überwiegend vorherrscht, aus Chlornatrium.

Doch wir verlassen jetzt das Meer, um das Wasser in seinem Kreislaufe weiter zu verfolgen. An der Oberfläche des zwei Drittel der Erde bedeckenden Meeres findet beständig eine Verdampfung des Wassers statt, mehr oder weniger stark, je nach Temperatur und Bewegung der Luft. Durch diese Verdampfung erhebt sich ein großer Theil des Meerwassers mit Zurücklassung seines Salzgehaltes in die Atmosphäre; weit geringer sind dagegen die durch

Verdampfung von der Landoberfläche aufsteigenden Wassermengen. Unter gewissen Temperaturverhältnissen bilden sich aus diesen die Atmosphäre durchdringenden und mit ihr bewegten unsichtbaren Wasserdämpfen die sichtbaren Wolken, und aus ihnen fällt das Wasser in Gestalt von Regen, Schnee u. s. w. wieder zur Erde nieder, theils unmittelbar in's Meer zurück, theils auf die Landoberfläche. Was auf letztere fällt, ist einer dreifachen Zukunft ausgesetzt: ein Theil verdunstet sogleich wieder, ein anderer Theil fließt an der Oberfläche in die benachbarten Bäche oder Flüsse ab, ein dritter Theil endlich dringt in die Oberfläche ein und bildet nachher, wie wir gesehen haben, die Quellen.

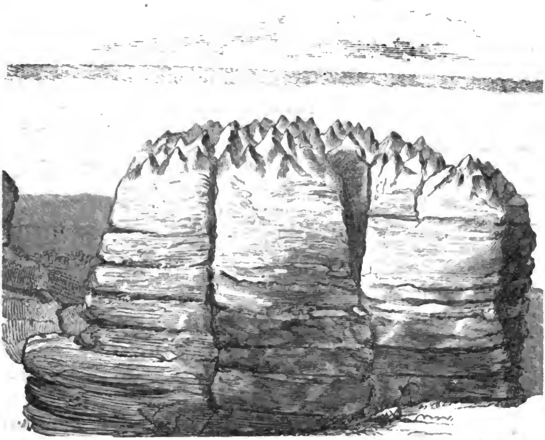
Aber auch der unmittelbare Auffall der atmosphärischen Niederschläge bringt eine nicht ganz unwichtige geologische Wirkung hervor. Es wird dadurch die Landoberfläche an ihren äußersten Theilen und selbst in ihren höchsten Gipfeln und Spitzen in gewissem Grade sowol mechanisch als chemisch auflösend angegriffen. Der Erfolg ist in jedem einzelnen Falle gewöhnlich klein, aber die unausgesetzte Wiederholung des Vorganges auf sehr großen Oberflächenräumen verleiht ihm eine gewisse Wichtigkeit; auch haben wir ja bereits gesehen, daß in einigen besondern Fällen die geologischen Wirkungen starker Regengüsse allerdings recht bemerkbar sind.

Wenn aber auch Regen und andere atmosphärische Niederschläge nur ausnahmsweise schnelle und auffallende Wirkungen hervorbringen, so sind doch manche dadurch bewirkte Erscheinungen recht interessant, und verdienen wol einige Aufmerksamkeit.

Ich habe schon im Vorstehenden darauf hingewiesen, daß an der äußern Gestaltung mancher besonderer Felsformen, z. B. in der sächsischen Schweiz, auch der Regen und überhaupt der Wetterwechsel einen gewissen Antheil hat. v. Gutbier hat diese Wetter- und Regenwirkungen durch recht interessante Abbildungen von Oberflächenformen der Quadersandsteinfelsen zu versinnlichen gesucht, von denen einige hier als Beispiele dienen mögen.

In der Nähe des Prebischthores beobachtet man nebenstehend abgebildete, offenbar vom Regen bedingte Felsoberflächen.

Hier haben sich Höcker von verschiedener Größe gebildet, anderwärts sind Rinnen oder halbrunde Kanäle durch den Ablauf des Regenwassers in die Felsoberfläche eingewaschen, so z. B. am obern

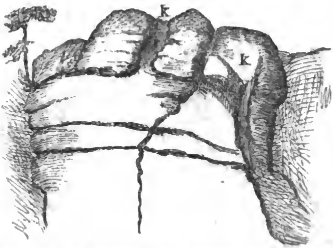


Felsplatten mit Höckern nordwestlich des Prebischthores in der sächsischen Schweiz.



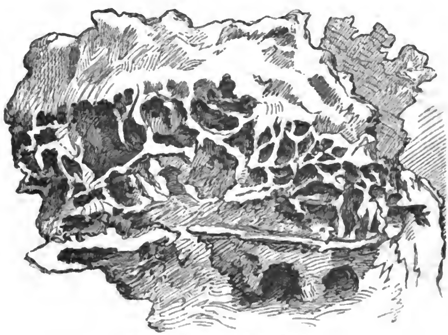
Abgerundete Felsgipfel, am Wege zwischen dem großen Winterberge und dem Prebischthore.

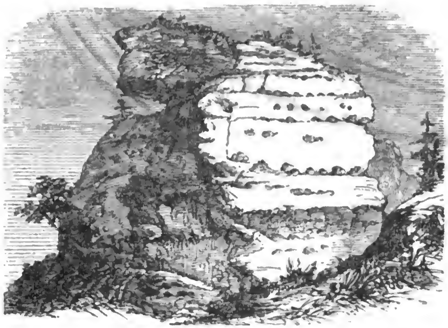
Ende des Wurzelberges nach den Winterbergen zu, welche sehr an die nur viel ausgebildeteren Rinnen und Kanäle erinnern, die man in den Alpen „Karren“ nennt, und welche dort in manchen Gegenden fast jeden freistehenden Kalkfels oder selbst jeden einzelnen Stein charakterisiren, indem sie von der Dicke einer Federspule bis zu der eines Manneskörpers anwachsend die Oberfläche dichtgedrängt durchfurchen, zuoberst ihre dünnen Anfänge, aus deren Vereinigung weiter unten die breiten Rinnen entstehen.



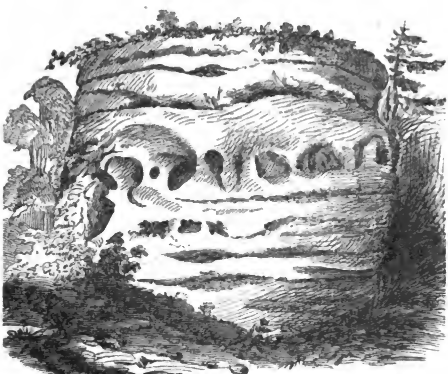
Felsmasse mit Kanälen (kk) an den Seitenwänden; am obern Ende des Wurzelweges nach den Winterbergen in der sächsischen Schweiz.

Daran schließen sich dann wieder die sonderbarsten Ausnagungen an, deren Formen offenbar durch ungleiche Widerstandsfähigkeiten der einzelnen Gesteinstheile bedingt sind, und die von einer zellig zerfressenen Oberfläche bis in Höhlungen übergehen, in die sich Menschen verbergen können. Auch davon bildete v. Gutbier schöne Belege ab, von denen ich einige hier wiedergebe.

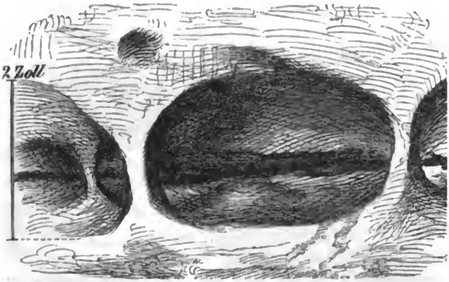

Auswitterung des Sandsteines.



Aus den Nickelsdorfer Wänden.

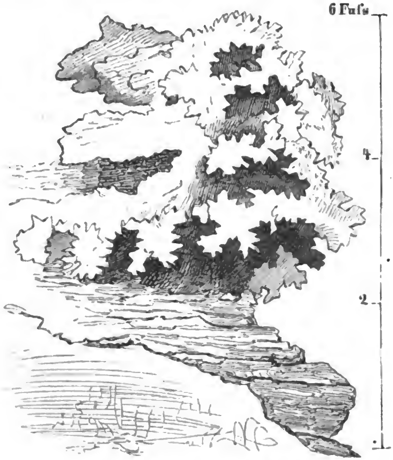


Höhlenbildung unter der neuen Schenke bei Königstein.



Bildung der kleinsten Höhlen.

Auch ganz krause Formen sind dadurch hervorgebracht, so z. B. am gepudelten Felsen bei Weißig, östlich von Dresden.

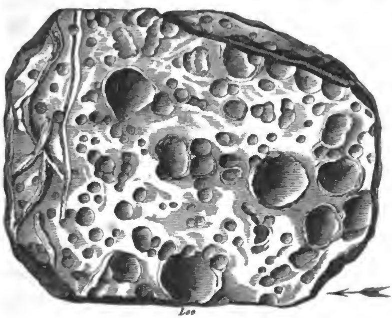


Der gepudelte Felsen bei Weißig.

Ich habe hier nicht von den sogenannten „Riesentöpfen" gesprochen, jenen sonderbaren, sehr regelmäßig kesselförmigen, fast kreisrunden Einbohrungen in der Oberfläche fester Felsen, die von

wenigen Zollen bis zu mehreren Fußen im Durchmesser erreichen, weil diese nicht vom Regen, sondern von stark bewegtem Wasser, z. B. unter Wasserfällen, herrühren, wobei das Wasser sich kleinerer Steine gleichsam als Meißel oder Keile bedient, indem es dieselben in kreisende Bewegung versetzt.

Dagegen muß ich noch eines geologisch recht merkwürdigen Umstandes gedenken, nämlich des Vorkommens versteinerter Eindrücke von Regentropfen auf längst bedeckten Schichtoberflächen. In mehreren, zum Theil ziemlich alten Sandsteinablagerungen hat man solche Regenspuren aufgefunden, aus denen sich denn mit ziemlicher Bestimmtheit ergibt, daß es schon in sehr frühen geologischen Perioden geregnet hat, wie noch jetzt, und daß dieser Regen damals auf feuchten Sandoberflächen ähnliche Eindrücke hinterließ, wie noch jetzt. Geschah dies in der Ebbezeit an einer Meeresküste, und die nächste Flut bedeckte die Oberfläche ohne starke Bewegung mit einer neuen Sandschicht, so wurden diese Spuren eines Regens erhalten, der vielleicht vor vielen Millionen Jahren niedergefallen ist. Die nachstehende Abbildung stellt eine solche Sandschichtoberfläche dar, auf welcher man in der Bai von Fundy am 21. Juli 1849 gebildete Regeneindrücke beobachtete, während zum Verwechseln ähnliche Schichtoberflächen gar nicht selten, z. B. in der schon recht alten Formation des New-red-sandstones von New Jersey, gefunden werden.



Von den geologischen Wirkungen des Wassers in seinem festen

Aggregatzustande, als Schnee und Eis, behalte ich mir vor, ein ander Mal zu sprechen. Jetzt wollen wir aber noch einen flüchtigen Blick auf die historische Rolle des Wassers in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers werfen.

Wir haben in der ersten Abhandlung gesehen, daß im heißflüssigen Zustande des Erdkörpers noch kein Wasser als solches existiren konnte. Erst nach Bildung einer festen Erstarrungskruste und bis zu einem gewissen Grade vorgeschrittener Abkühlung konnten sich auf der Erdoberfläche Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser verbinden. Dieser Zeitpunkt ist aber ein höchst wichtiger in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers, denn von da an begannen auf seiner Oberfläche die Zerstörungen und die Ablagerungen durch Wasser, welche noch jetzt unausgesetzt fortdauern; von da an war ferner zuerst die Möglichkeit vorhanden für die Existenz organischer Wesen, wie sie den Erdkörper bewohnen, denn sie alle bedürfen des Wassers und der ihm entsprechenden Temperaturverhältnisse.

Zwei besondere Reihen der Thätigkeit, der steten Veränderung, beginnen demnach mit dem ersten Auftreten des Wassers auf dem Erdkörper, und diese Reihen gerade sind es, welche an der Gestaltung und Ausschmückung der Erdoberfläche den wesentlichsten Antheil haben; ohne Quellen, Flüsse und Seen, ohne Pflanzen- und Thierwelt würde die Erdoberfläche nach menschlicher Anschauung eine starre, unbewohnbare Wüste sein, wie wir es von der des Mondes wirklich voraussetzen dürfen.

Aber die Vertheilung des Wassers auf der Erde ist nicht von Anfang an dieselbe gewesen. Abgesehen von dem steten Wechsel der lokalen Vertheilung, welcher in gewissem Grade noch jetzt fortdauert, müssen wir vermuthen, daß anfangs die Unebenheiten der Erdoberfläche weit geringer waren, daß eine Zeit lang vielleicht fast Alles mit Meer bedeckt war, daß sich dann nach und nach flache Inseln, größere Festländer und hohe Gebirgsketten daraus hervorhoben. Denn in der That haben wir die jetzigen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, die Vertheilung von Wasser, Land und Gebirgen, durchaus als eine Summirung sehr vieler in unermeßlichen Zeiträumen auf einander folgender geologischer Vorgänge, Hebungen, Senkungen, Abschwemmungen, Ablagerungen u. s. w., zu betrachten.

Nach A. v. Humboldt's Schätzung beträgt gegenwärtig die mittlere Höhe aller Kontinente (d. h. wenn man sie sich mit eingebneter Oberfläche denkt) 971 Fuß über dem Meeresspiegel. Da nun die gesammte Landoberfläche ein Drittel von der Meeresoberfläche ausmacht, so würde der Meeresspiegel etwa um ein Drittel dieser Höhe, also um 230 Fuß, steigen, wenn man sich alles Land unter das Meer versenkt denkt, wie es eine Zeit lang annähernd der Fall gewesen sein dürfte. Daraus ergibt sich aus andern Berechnungen, daß bei gleichmäßiger Vertheilung alles irdischen Wassers über eine feste und glatte ellipsoidische Erdoberfläche die allgemeine Tiefe des Meeres ungefähr nur 1100 Fuß betragen würde.

Es war eine durchaus grundlose, in die Luft gebaute Hypothese, wenn frühere Geologen annahmen, die auf dem Erdkörper vorhandene Wassermenge sei einst sehr viel größer gewesen als jetzt.

IV.

Schnee und Eis in ihrer geologischen Bedeutung.

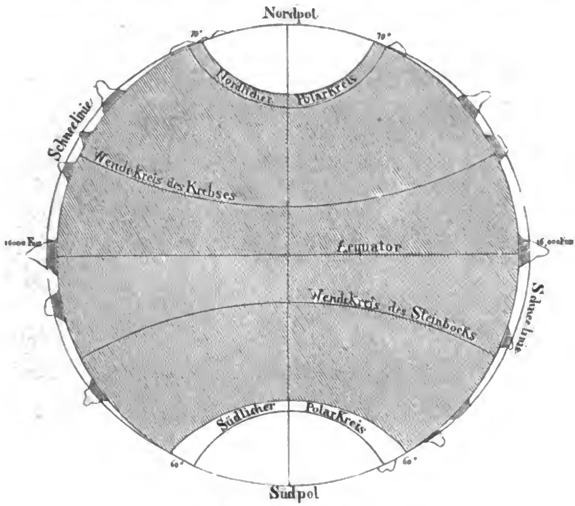
Schneegrenze. — Polareis. — Gletscher. — Deren Entstehung und Wesen. — Ihre stete Bewegung. — Moränen. — Messung der Gletscherbewegungen. — Natur und Ursache derselben. — Schichtung des Gletschereises. — Wirkungen der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Gletscher. — Eistische und deren Wanderungen. — Alte Moränen. — Eisschliff an Felsenoberflächen. — Deutliche Spuren früher viel größerer Ausdehnung der Alpengletscher. — Polareis und dessen geologische Wirkungen. — Eis und Schnee als Bestandtheile der festen Erdkruste.

Schnee bildet bei uns im Winter oft die oberste Decke der festen Erde. Am Aequator ist das nie der Fall, an den Polen und auf hohen Bergen stets. Die Grenze der sogenannten ewigen Schnee- und Eisregion erhebt sich im Mittel bei 70 Grad nördlicher und 60 Grad südlicher Breite über den Meeresspiegel, und dann gegen den Aequator immer höher und höher, sodaß Berge bei uns wenigstens 7 bis 8000, am Aequator über 16 bis 18,000 Fuß hoch sein müssen, wenn ihre Gipfel mit ewigem Schnee geziert sein sollen. Es ist jedoch diese Höhe der Schneeregion, wegen Ungleichheit der mittlern Jahrestemperatur der einzelnen Erdgegenden, nicht immer den Breitengraden genau entsprechend oder unter derselben Breite ganz gleich. Das allgemeinste Verhalten des sogenannten ewigen Schnees und Eises auf unserm Erdkörper habe ich durch nachstehende Zeichnung auszudrücken gesucht.

Wo nun aber der Schnee auch im Sommer nicht oder doch nur zum Theil wegschmilzt, da häuft sich nothwendig seine Masse von Jahr zu Jahr immer dicker auf, und da es periodisch geschieht, während in den Zwischenzeiten sich durch die Wirkung der Sonne Eiskrusten bilden, oder atmosphärischer Staub auf die weißen Ober-

flächen aufgeweht wird, so entsteht dadurch eine Art Schichtung des Schnees, indem stets neue Schichten sich über die alten lagern.

Die Erde müßte dadurch an den Polen immer dicker, die schneebedeckten Berge müßten immer höher werden, wenn nicht irgend eine Ausgleichung dieses steten Zuwachses stattfände. Diese Ausgleichung besteht außer dem theilweisen Aufthauen und Ver-



Schnee- und Eisregionen.

dunsten an sonnigen Tagen, selbst in den polarsten und höchsten Regionen, in Verdunstung, Zusammenpressung, Eisbildung und Wanderung der Theile. Die neuen Schichten drücken auf die alten, ihr Thauwasser dringt in sie ein, sie verwandeln sich in Polareis und in Gletscher. Dieses Eis aber findet Wege in niedere Breiten als Treibeis (Trifteis) und in tiefere Regionen als Gletscher. Wir wollen zunächst den letztern Vorgang, als uns näher liegend, etwas genauer betrachten.

Wir treten ein in diese Gletscherwelt, durch eines der Eisthore, wie sie sich öfters am untern Ende dieser riesigen Eiskörper

bilden, dadurch, daß während des Sommers ein durch Thauwasser gebildeter Bach aus ihnen hervorströmt.

Die Gletscher sind keineswegs gefrorene Wasseransammlungen, wie man wol früher gedacht hat, sondern sie entstehen aus dem Schnee der Hochgebirge. Diesen Schnee nennt man Firn, sobald



Eisthor des Marcellgletschers in den Alpen.

er seine ursprüngliche Lockerheit verloren hat und durch längeres Uebereinanderliegen bei wechselnder Temperatur und durch Eindringen von Thauwasser in einen körnigen, nicht mehr ballenden Zustand übergegangen ist. Auch in den niederen Gegenden Deutschlands bildet sich nach starkem Schneefalle im Frühjahre solcher Firn, er häuft sich nur nicht wie in den Hochalpen Jahr ein Jahr aus auf einander. Da in den Regionen über der Schneegrenze, in den Alpen z. B. über 8000 Fuß, der alte Schnee niemals ganz wegschmilzt, so müßten diese Berggegenden nothwendig alle Jahre um einige Zoll höher werden, was in Jahrtausenden natürlich sehr viel betragen würde, wenn nicht diese stete Erhöhung auf andere Weise verhindert würde. Das geschieht durch ein allmäliges Herabsenken der Hochschneemassen in die Schluchten und Thäler. Dabei

drücken sich die einzelnen zugleich von Thauwasser durchzogenen Eiskörner des Firns immer fester an und in einander, und bilden endlich kompaktes Eis, Gletschereis, welches jedoch nicht ganz so dicht ist wie das gewöhnliche unmittelbar aus Wasser entstandene Eis, sondern sich stets durch eine weniger blaue Färbung und durch unzählige Haarspalten und Bläschen auszeichnet, von denen es nach allen Richtungen durchzogen wird.

Die Gletscher sind sonach in Schluchten oder Thäler hinabgedrängte und in Eis umgewandelte Firnmassen. Sie sind aber auf diese Weise fast stets etwas und oft tief unter die Region des ewigen Schnees hinabgedrängt. In den Alpen z. B. reichen die meisten 2 bis 4000 Fuß unter die Schneegrenze herab, der Grindelwaldgletscher sogar 5000 Fuß. Es würde ganz unmöglich sein, daß sie in solcher Lage auf die Dauer bestehen könnten, wenn sich ihre Masse nicht stets erneuerte. Sie würden vielmehr nothwendig nach und nach durch Abschmelzen verschwinden. In der That schmelzen sie auch während des Sommers beständig an ihrer ganzen Oberfläche und besonders am untern Ende ab, und zwar weit mehr als der im Winter darauf gefallene Schnee beträgt; das lehren ganz deutlich die Einsenkungen aller Sandkörner und die Erhebungen der Gletschertische, die wir nachher kennen lernen werden. Aber trotzdem erhalten sich die meisten Gletscher seit langer Zeit in ungefähr gleicher Länge und Dicke. Das ist natürlich nur möglich durch ein beständiges Herabdrängen neuen Eises aus den Sammelbecken der Firnregionen. Daß aber ein solches wirklich stattfinde, daß die Gletscher in allen ihren Theilen sich fast stets abwärts bewegen, läßt sich aus vielen Umständen beweisen. Namentlich durch das Vorrücken ihrer Enden, durch die Natur der Moränen (Schuttwälle auf den Gletschern) und durch direkte Messungen.

Schon längst hatte man beobachtet, daß die unteren Enden der Gletscher nicht immer an derselben Stelle bleiben, sondern manchmal zurückweichen, manchmal vorrücken. Das Erstere geschieht ganz einfach durch Abschmelzen, das Letztere aber erfolgt nicht etwa durch Neubildung von Eis am untern Ende, sondern das vorhandene Gletscherende wird, wie wir noch näher sehen werden, weiter im Thale hinabgeschoben. Es ergibt sich daraus, daß wenn das untere Ende an derselben Stelle bleibt, dieser Um-

stand nur dem Gleichgewichte beider Wirkungen zu verdanken ist, d. h. wenn das Abschmelzen gerade so viel beträgt als das Vorrücken, so bleibt das Ende auf derselben Stelle. Diesen Standpunkt haben aber natürlicherweise im Allgemeinen alle Gletscher im Laufe der Zeit ungefähr annehmen müssen. Sie sind so lange gewachsen oder abgeschmolzen, bis das Gleichgewicht hergestellt war. Da aber die mittleren Jahrestemperaturen nicht völlig gleich bleiben, und da ferner auf den Zustand der Gletscher nicht blos die mittlere Temperatur, sondern auch die Art der Witterung einwirkt, und da die letztere, je nach der herrschenden Richtung der Winde, auf ungleich gelegene Gletscher ungleich einwirkt, so ist es sehr natürlich, daß nicht nur in besonders trockenen und warmen Perioden alle Gletscher etwas zurückweichen, in sehr kalten, nassen und schneereichen aber etwas vorrücken, sondern daß auch bei gewöhnlichen Zuständen, durch die Ungleichheit der Windwirkung bedingt, einige Gletscher ihr unteres Ende etwas vorschieben, andere es zurückziehen. Es ist Beides die nothwendige Folge einer Kombination einwirkender Umstände.

Ein zweiter Beweis des steten Vorrückens aller Gletschertheile ergibt sich, wie gesagt, aus der Natur- und Bildungsweise der Moränen. Diese entstehen so: Von den steilen Abhängen der Gletscherthäler fallen, durch Winde, Wasser und Lawinen bedingt, theils vereinzelt, theils an vorzugsweise dazu geeigneten Orten, Steinschuttt und große Felsblöcke herab, die auf dem Eise, am Rande des Gletschers, liegen bleiben. Nun findet man aber in diesen Seitenmoränen stets alle Gesteinsarten beisammen, die irgendwo an dem entsprechenden Thalgehänge über dem Gletscher in größerer Masse anstehen. Das könnte nicht der Fall sein, wenn sie an der Stelle, wo sie auf das Eis herabfielen, auch liegen blieben. Wäre es so, dann müßte man in den Seitenmoränen überall nur die Gesteine vorfinden, die gerade darüber am Gehänge vorhanden sind. Da man aber bis an das unterste Ende der Gletscher hinab auch alle die Gesteinsarten auf den Moränen findet, die zuweilen 1 oder 2 Meilen weiter thalaufwärts neben dem Gletscher anstehen, so ergibt sich daraus ein steter Transport der Steine durch die Gletscher. Derselbe erfolgt so: Die Steine und Schuttmassen fallen hier und da, besonders häufig an einzelnen Stellen, von den Felsgehängen auf den Gletscher herab. Dieser aber wird stets darunter



Vereinigung des Stock- und Marcellgletschers im Oetzthale.

hinweggeschoben, und so geschieht es, daß die darauf liegenden Massen mit dem Eise weiter im Thal hinabrücken, während immer neue auf neue Stellen des Eises fallen. Statt daß, wenn das Eis ruhig bliebe, an einzelnen Punkten große Haufen, ähnlich den S. 85 beschriebenen Muren, entstehen müßten, bildet sich ein ziemlich gleichförmiger Schuttwall, der an jeder Stelle Abfälle aus allen den Theilen des Thales enthält, bei denen er vorbeigeschoben worden ist.

Noch deutlicher zeigt sich dieses Vorrücken in den Mittelmoränen. Diese entstehen nämlich durch Vereinigung zweier Gletscher und ihrer Seitenmoränen. Sehr schön sieht man das z. B. an der Vereinigung des Stock- und Marcellgletschers im Oetzthale (s. vorhergehende Abbild.), oder an der ganz ähnlichen des Finster- und Lauter-Aargletschers im Berner Oberlande. Die Entstehung einer Mittelmoräne wäre ohne die Bewegung des Eises geradezu unmöglich.

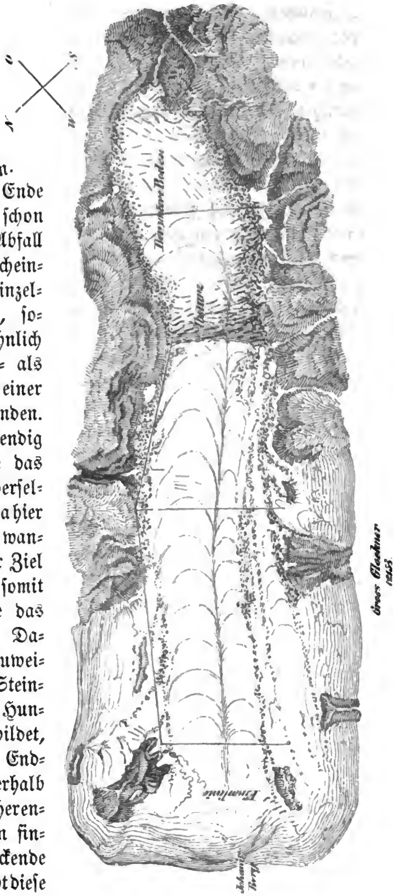
Die Mittelmoränen können keinen Zuwachs mehr von den Thalgehängen erhalten, von denen sie gänzlich getrennt sind, sie bestehen lediglich aus Stein- und Schuttmassen, die vor der Vereinigung zweier Gletscher deren Seitenmoränen bildeten.

Aus der Zahl der Mittelmoränen kann man daher zuweilen schon am untern Ende eines Gletschers ungefähr erkennen, wie viel Zweiggletscher er in sich vereinigt hat. Doch ist ein solcher Schluß nie ganz sicher, weil manche kleinere Gletscher keine Seitenmoränen haben, und weil einander oder einer Seitenmoräne naheliegende Mittelmoränen während des Vorrückens sich zuweilen mit einander vereinigen, was theils durch die unregelmäßige Bewegung des Eises, theils durch besondere Wanderung der Steine auf dem Eise geschieht.

Auf dem Aargletscher kann man z. B. nur eine sehr starke und ein paar kleinere Mittelmoränen, die parallel neben einander verlaufen, unterscheiden, während doch einige zwanzig kleinere Gletscher sich zu diesem über 1¾ deutsche Meilen langen mächtigen Eisstrome verbunden haben.

Auf dem Pasterzengletscher, dem größten am Großglockner, unterscheidet man, wie die nachstehende Abbildung wegen ihrer geringen Größe leider nicht so deutlich als das Schlagintweit'sche Original zeigt, im obern Theile 19 bis 20 einzelne Moränen, deren eine, statt aus Steinen, merkwürdigerweise aus Firnschnee

besteht, die aber alle, mit Ausnahme der letztern, gegen das untere Gletscherende hin sich zu zwei Seitenmoränen vereinigen.



Der Pasterzengletscher am Großglockner.

Am untern Ende selbst tritt dann schon durch den steilern Abfall des Eises ein Durcheinanderrollen der einzelnen Moränen ein, sodaß sich hier gewöhnlich alle, sowol Mittel- als Seitenmoränen, zu einer Endmoräne verbinden. Diese wächst nothwendig stets an, solange das Gletscherende auf derselben Stelle bleibt, da hier alle mit dem Eise wandernden Steine ihr Ziel finden, und sich somit summiren, solange das Ende stationär ist. Dadurch haben sich zuweilen Schutt- und Steinwälle von einigen Hundert Fuß Höhe gebildet, die man als alte Endmoränen weit unterhalb der jetzigen Gletscherenden in den Thälern findet. Das vorrückende Gletscherende schiebt diese Schuttmassen theils vor

sich her zusammen, theils aber überschiebt es dieselben; das zurückweichende dagegen läßt, wenn es gleichmäßig zurückweicht, ebene Steinfelder hinter sich, wenn es periodisch zurückweicht, einzelne gekrümmte Querwälle, wie man sie jetzt z. B. sehr deutlich vor dem gegenwärtigen Ende des Rhonegletschers sieht.

Der dritte Beweis des steten Vorrückens aller Gletschertheile ist durch direkte Messungen geführt worden, und ist natürlich der wichtigste, da er zugleich über die Schnelligkeit und örtliche Ungleichheit der Bewegung Aufschluß gibt.

Diese Beobachtungen stammen erst aus den letzten Jahrzehnten her, und wir verdanken sie hauptsächlich der rastlosen Thätigkeit Agassiz', Forbes' und der Gebrüder Schlagintweit. Früher hatte man wol den Fortschritt der unteren Gletscherenden oder den einzelner Moräneblöcke gemessen, aber erst unter Agassiz' Leitung begann Herr Wild im Jahre 1842 die specielle Aufnahme und Nivellirung des Aargletschers, sowie insbesondere eines Mittelstückes desselben. Die dann mehrere Sommer hintereinander oft wiederholte Messung der einmal bestimmten Punkte hat sehr ausführliche und komplicirte Resultate geliefert, von denen ich nur einige hier mittheilen will, die ich noch überdies, um sie nur einigermaßen schnell übersichtlich zu machen, auf eine, wie ich wohl weiß, etwas unrichtige Weise zusammenstellen muß, indem ich mittlere Resultate durch Schätzung erziele, die sich durch Rechnung gar nicht erlangen lassen. Die Fortbewegung des Eises ward am schnellsten gefunden in der mittlern Region der Längenausdehnung, und da wieder in der mittlern Region der Breite; sie betrug nämlich hier an dem einen Rande im Sommer täglich etwa 0,134 Meter, am andern Rande 0,048 Meter, in der Mitte der Breite 0,289 Meter; während sie in der Nähe des untern Endes an einem Rande 0,073, am andern 0,098 und in der Mitte 0,093 betrug. Das sind aber, wie gesagt, insofern nur annähernde Werthe, als die Bewegung in jedem Breiten- und Längentheile etwas ungleich schwankt, sowol in den verschiedenen Zeiträumen, als auch in gleichen Zeiträumen. Aehnlich sind die Resultate der Niveaumessungen, und ähnlich sind auch die Resultate der von Forbes und Schlagintweit untersuchten Gletscher; man muß die vollständigen Tabellen genau mit den Situationsplänen vergleichen, um ein ganz richtiges Bild von der Sache zu erhalten. Die größte Bewegung in einem Sommertage (24 Stun-

den) hat Forbes am Glacier des Bois beobachtet, sie betrug 52 Zoll; wäre sie in allen Jahreszeiten gleich groß, so würde das also im ganzen Jahre 1581 Fuß ausmachen; sie ist aber im Winter geringer und beträgt für das ganze Jahr an diesem Gletscher nur 800 bis 900 Fuß. Der Aargletscher rückt am schnellsten Punkt jährlich etwa 240 Fuß vorwärts, im Mittel täglich nicht ganz einen Zoll, der Pasterzengletscher nicht einen halben Zoll vor.

Jedenfalls folgt aus diesen Beobachtungen als wesentlichstes Resultat, daß die Gletscher nicht nur in der Mitte ihrer Breite sich schneller bewegen, als an beiden Seitenrändern, was, wie bei den Flüssen, durch den Friktionswiderstand bedingt sein dürfte, sondern daß sie auch in der Mitte ihrer Länge gewöhnlich schneller vorrücken, als gegen ihre unteren Enden hin; sie müssen sich demnach etwas in sich zusammenschieben. Das waren zum Theil wenigstens unerwartete Thatsachen, aus welchen zugleich hervorgeht, daß das Eis der Gletscher nicht ganz starr sein kann, und sich nach ähnlichen Gesetzen bewegt, wie das Wasser eines Flusses, nur unendlich viel langsamer. Mit andern Worten: die Gletscher fließen in den Thälern hinab. Es klingt freilich etwas sonderbar, zu behaupten, ein so starrer Körper wie Eis fließe, und bedarf darum einer weitern Erläuterung und Begründung.

Eine Begründung der so parador klingenden Ansicht kann man zunächst darin finden, daß die Gletscher alle Unebenheiten und alle Unregelmäßigkeiten der Thäler wirklich ausfüllen. Wenn z. B. das von einem Gletscher eingenommene Thal sich örtlich stark verengt und dann wieder erweitert, und diese Gestaltung sich mehrfach wiederholt, so werden dennoch alle diese Erweiterungen vom Eise erfüllt. Ein völlig starrer Körper würde sich schon gar nicht durch eine engere Oeffnung, als er selbst ist, hindurchschieben lassen, ohne gänzlich zu zerspalten; wäre das aber auf Kosten seiner Integrität dennoch geschehen, so würde er sich dann in keinem Falle genau der Form der Erweiterung anschließen. Das Alles ist aber bei den Gletschern der Fall, und folglich eine Bestätigung der Verschiebbarkeit ihrer Theile.

Aber in den Gletschern reißen ja Spalten auf, zwischen deren senkrechte Wände man tief hinabblicken kann, und diese Spalten zeigen sich gerade da besonders, wo die Thalform vom Eise eine Biegung verlangt. Spalten aber sind eine Eigenthümlichkeit fester

Körper im Gegensatz zu flüssigen. Wo ist indessen die scharfe Grenze zwischen fest und flüssig? In welchem Moment nennt man geschmolzenes und erstarrendes Wachs nicht mehr flüssig, sondern fest? Welcher Körper wäre überhaupt absolut starr und ließe bei hinreichendem Druck keine Verschiebung seiner Theile zu? Wie verhält es sich endlich mit den Mengungen fester und flüssiger Körper, z. B. des nassen Sandes? Alle diese Fragen sind hier wohl zu beachten, am meisten vielleicht die letztere.

Die Theile der Gletscher müssen nothwendig in gewissem Grade verschiebbar sein, das ergibt sich aus einer großen Zahl genau beobachteter Thatsachen. Ob aber diese Verschiebbarkeit in einer Plasticität der kleinsten Theilchen besteht, oder in einer Verschiebbarkeit der Eiskörner an einander, die durch die trennenden Haarspalten oft rings von Wasserzonen umgeben sind, ähnlich wie das Eis der Konditoren von Fruchtsaft oder Crême, das ist eine Frage, die noch genauer Erörterung bedarf.

Nachdem ich jetzt entwickelt habe, in welcher Weise die Bewegung der Gletscher der Hauptsache nach stattfindet, muß ich nun doch noch auf die Ansichten zurückkommen, die man früher über diesen Gegenstand aufstellte und die zum Theil einige Epoche gemacht haben.

Saussure, der erste genaue Beobachter der Gletschererscheinungen, und vor ihm schon Gruner, nahmen ganz einfach an, die Bewegung erfolge durch Hinabgleiten auf geneigter Oberfläche, unter Mitwirkung des Druckes der oberen Firnmassen. Diese Erklärung war so einfach und schien so natürlich, daß man sie lange Zeit ohne weitere Prüfung für allein richtig hielt. Als aber Venetz und v. Charpentier zeigten, daß die erratischen Blöcke am Jura nur durch Gletscher dahin getragen worden sein können, die von den hohen Gipfeln der Alpen einst bis hier herübergereicht haben, sah man wohl ein, daß durch bloßes Gleiten auf geneigter Bodenfläche die Gletscher niemals bis zum Jura hätten vorrücken können, da die ganze Neigung vom Kamme der Alpen bis zu den Blöcken am Jura nicht einmal ganz 2 Grad beträgt. Man suchte nun nach einer andern Ursache des Vorrückens der Gletscher.

v. Charpentier in Bex glaubte nachweisen zu können, daß die Bewegung der Gletscher hauptsächlich durch eine innere Ausdehnung derselben bewirkt werde; durch allnächtliches Gefrieren des an

allen warmen Tagen in die Haarspalten des Gletschereises eingedrungenen Thauwassers, welches überall in zahllosen Bächen und Rinnen auf der Oberfläche dahinfließt. Agassiz bildete diese Hypothese weiter aus; ich glaube aber nicht auf ihre Einzelheiten eingehen zu müssen, da sie in ihrer Allgemeinheit durch viele Umstände widerlegt und von Agassiz selbst aufgegeben ist. Dasselbe gilt von Dr. Petzholdt's Hypothese, nach welcher das Eis durch die Kälte ausgedehnt werden sollte, während Dr. Brunner gezeigt hat, daß auch das Eis wie die übrigen festen Körper durch Wärme ausgedehnt und durch Kälte zusammengezogen wird. Noch weniger glaube ich auf die monströsen Phantasien einiger Naturforscher eingehen zu müssen, nach welchen die Gletscher durch ein eigenthümliches inneres organisches Leben bewegt werden sollen, wie man ihnen denn sogar eine Art von Verdauungsproceß angedichtet hat.

Man darf es also gegenwärtig als unzweifelhaft betrachten, daß die Bewegung der Gletscher hauptsächlich in einem höchst langsamen Fließen, außerdem auch hier und da in einem Gleiten durch eigene Schwere, oder durch den Druck der Firnmassen besteht. Ganz untergeordnet mag dabei selbst die Volumenvermehrung in Spalten gefrierenden Wassers wirken, welches sich bekanntlich bei seinem Festwerden um $1/9$ ausdehnt.

Die Bewegung des Fließens wird in den unteren Gletscherregionen die vorherrschendste sein, die des Gleitens in den oberen, meist steiler geneigten und kälteren. Beide Bewegungsarten bewirken durch die am Boden und in den Seitenwänden der Gletscher eingefrorenen Steine und Sandtheile, welche mit dem Eise, durch dasselbe fest aufgepreßt, fortgeschoben werden, die Abrundung, Abschleifung und Kritzung der Felsoberfläche, die man in den Alpenthälern so häufig wahrnimmt. Jeder Gletscher wirkt dadurch gleichsam wie eine langsam, aber unter ungeheuerm Druck bewegte Feile. Die als Zähne der Feile thätigen Steine und Sandkörner verändern dabei mehrfach ihre Lage, und so kommt es, daß die Steine selbst zu unregelmäßigen Geschieben abgerundet werden, an deren Oberfläche man häufig noch Kritze und Furchen wahrnimmt, was bei den durch Wasser abgerundeten Geschieben niemals der Fall ist. Solche Geschiebe findet man nicht nur zuweilen dicht vor den Gletscherenden, sondern auch in den entfernten Moränetheilen, z. B.

von den Hochalpen herrührend 10 Meilen weit von da entfernt, am Abhang des Jura.

Durch die sorgfältigen Gletscherbeobachtungen der neuern Zeit haben sich noch eine Menge andere geologisch und physikalisch interessante Thatsachen ergeben, von denen ich einige hier wenigstens kurz erwähnen will.

Der Schnee auf den Hochgebirgen wird natürlich in den einzelnen Perioden seines Falles schichtweise über einander gehäuft. Die Schichten sind theils durch einen kleinen Unterschied der Textur der Berührungsflächen gesondert, theils, und noch besser, durch die feinen Staublagen, welche in der Zwischenzeit zweier Schneefälle oft aufgeweht werden und der alten Firnoberfläche in der Regel einen grauen Schein verleihen. Diese grauen Staublagen geben sich nun selbst im Gletschereise noch als Abgrenzungen der periodischen Schneefälle oder Schichten zu erkennen. Bei gewissen Beleuchtungsverhältnissen kann man sie überall in dem unbedeckten Gletschereise wahrnehmen, und da zeigen sie denn oft die wunderbarsten Windungen, welche durch die Ungleichmäßigkeit der Bewegung in den einzelnen Gletschertheilen hervorgebracht werden. Doch muß ich hier bemerken, daß die Gebrüder Schlagintweit, welche sich neuerlich sehr eifrig mit dem Studium der Gletscher in den östlichen Alpen beschäftigt haben, diese Schichtung der Gletscher nicht für Folgen der Schichtung des Firns halten, sondern für die Folge von Lostrennungen eigenthümlicher Art.

Gewöhnlich sind die Schichtwechsel oder einzelne Schichten des Eises vorzugsweise von Wasser durchdrungen, und es scheint diese Beförderung der Wassercirkulation durch die Schichtung ganz besonders ein Element der Plasticität und Bewegung zu sein.

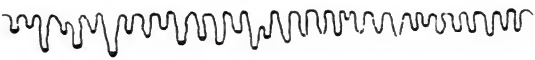
Man hat Beobachtungen über die innere Temperatur der Gletscher angestellt, und es hat sich dabei gezeigt, daß dieselbe, wie auch erwartet werden mußte, im Sommer außerordentlich konstant stets 0 Grad ist. Wo Eis von Wasser durchdrungen wird, wie das im Sommer bei den Gletschern der Fall ist, da kann es nicht wol anders sein. Im Winter aber, nachdem das tägliche Aufthauen auf der Oberfläche aufgehört hat, fällt auch das Durchdrungensein von Wasser weg, der große Eisschwamm läuft aus, und endlich versiegt der Bach, der aus ihm hervorkommt. Von diesem Zeitpunkte an sinkt die Temperatur unter Null herab, jedoch nur

sehr langsam, wie es scheint, und Agassiz hat an den während des Winters versenkten Thermometrographen, die freilich oft verunglückten, keinen tiefern Stand als — $2\frac{1}{10}$ Grad beobachten können.

Ich erwähnte schon, daß man den Gletschern sogar eine Art Verdauungsproceß zugeschrieben hat. Diese Idee verdient nur ihrer Sonderbarkeit wegen, und weil sie sogar von einem berühmten Physiologen nacherzählt worden ist, eine kleine Berücksichtigung. Der Verdauungsproceß sollte darin bestehen, daß die Gletscher alle heterogenen Körper, welche etwa in ihre Spalten hineinfielen, durch eine besondere Art von bewußtloser Sekretion wieder von sich gäben. Wenn man diese naturhistorischen Schwärmereien liest, so möchte man beinahe glauben, die Gletscher sperrten nur deshalb Spalten auf, um unvorsichtige Gemsen oder Naturforscher darin zu fangen, zu verspeisen und später ihre Knochen wieder auszuspucken.

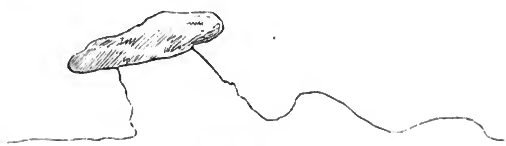
Die Thatsache des an die Oberfläche Kommens vom Gletscher eingeschlossener fester Körper erklärt sich ganz einfach durch das stete Abschmelzen dieser Oberfläche während der Sommermonate. Was 10 Fuß tief unter der Gletscheroberfläche im Eise fest sitzt, muß nothwendig an der Oberfläche erscheinen, sobald die 10 Fuß dicke Eisschicht, welche darüber war, weggeschmolzen ist. Dieses stete Abschmelzen an allen warmen sonnigen Tagen bringt noch einige andere sehr auffallende Erscheinungen hervor. Liegen auf der Eisoberfläche dunkle Körper, so werden diese, von der Sonne beschienen, stärker erwärmt als das Eis, und wenn sie nicht zu groß sind, um im Laufe eines Tages durch und durch erwärmt werden zu können, so thauen sie durch ihre Erwärmung ein Stück in die Eisoberfläche ein, während das dadurch gebildete Wasser in der dünnen Atmosphäre der hohen Gebirgsgegenden gewöhnlich schnell verdunstet, oder in die feinen Spalten des Gletschereises eindringt. Da nun die ganze Gletscheroberfläche durch die Vermittelung der Winde stets mit kleinen Steinchen, Sandkörnchen und Staubtheilchen oder Ueberresten von Insekten und andern organischen Körpern bedeckt ist, so schmelzen diese alle ein Stück in die Oberfläche ein und hinterlassen kleine Löcher. Die Gletscheroberfläche erhält dadurch ein poröses, gleichsam zerfressenes Ansehen, wie folgende Figur im Querschnitt darstellt.

In jedem Loche liegt ein dunkles Körperchen. Sobald aber Steine auf dem Eise liegen, die zu groß sind, um von den Sonnenstrahlen durch ihre ganze Masse erwärmt werden zu können, so wirken diese im Gegentheil als Schutz gegen das von ihnen bedeckte



Eislöcher.

Eis. Während nun rings um sie herum die Gletscheroberfläche durch Abschmelzen stets niedriger wird, bleiben sie auf Eispfeilern liegen, die nach und nach immer höher und dünner werden, d. h. ihr Wachsen ist eben nur ein relatives und besteht im Nichtabschmelzen, während ihre Umgebung abschmilzt. So entstehen die sogenannten Gletschertische. Aber die Stiele dieser Tische erreichen bald ein Maximum der Höhe, namentlich deshalb, weil die Sonnenstrahlen etwas schräg von Süden her wirken und daher auf der Südseite den Stein unterminiren. Auf diese Weise werden fast alle diese Eisstiele schief, indem sie etwas von Süd gegen Nord geneigt sind.



Eistischbildung.

Wird die südliche Unterminirung zu groß, so bricht der Stiel und läßt den Stein, die Tischplatte, stets gegen Süd herabfallen. Hier beginnt derselbe Proceß auf's Neue und wiederholt sich so oft, als die Gelegenheit es erlaubt, d. h. als der Stein auf von der Sonne beschienenes Eis fällt. So sieht man denn im Sommer und Herbst nicht nur fast alle einzelnen größeren Steinblöcke auf der Gletscheroberfläche in den verschiedensten Zuständen der Gletschertischbildung begriffen, die einen eben abgefallen, platt auf dem Eise liegend, die andern auf niederen oder bis 14 Fuß hohen Stielen; sondern nördlich hinter jedem bemerkt man auch noch zwei oder drei Eishügel, welche von abgebrochenen und noch nicht ganz

eingeebneten Stielen herrühren. Alle die größeren Blöcke wandern hierdurch stets auf den Gletschern gegen Süd. Das erklärt auch zugleich, warum sie überhaupt zerstreut umherliegen, da sie doch nicht wie der feine Sand und Staub vom Winde aufgeweht sein können. Sie sind stets einer nördlich gelegenen Moräne entlaufen. Jeder große Stein, der am Südrande einer Moräne etwas frei liegt, beginnt diese eigenthümliche selbständige Wanderung. Ihre Zahl nimmt darum von oben nach unten stets zu. Weit oben, wo der Gletscher noch keinen großen Weg zurückgelegt hat, sein Eis also auch noch nicht sehr viele Jahre der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist, sind erst einzelne der Moräne entsprungen und haben sich auch noch nie weit von ihr entfernt, am untern Ende langer Gletscher haben sie sich aber oft über die ganze Oberfläche ausgebreitet.



Eistisch auf dem Mer de Glace.

Aus diesen beiden extremen Fällen der Sonnenwirkung erkennt man, welche verschiedenartigen Zwischenstufen zu erwarten sind. Es gibt Steine von mittlerer Größe, die an nicht sehr sonnigen Tagen anfangen, Tische zu bilden, während sie an sehr sonnigen sich durch und durch erwärmen und die angefangenen Stiele wieder einschmelzen. Liegt irgendwo eine dünne Anhäufung von Sand, die sich ganz erwärmt, so bildet sie gemeinschaftlich ein rundes oder ovales Loch, welches sich schräg gen Nord einsenkt, sodaß ein hineingestellter Stab mit dem obern Ende stets gegen Süd weist. Diese



Der Arollagletscher.

mit Wasser gefüllten „Mittagslöcher“ werden zuweilen so tief, daß man mit dem längsten Alpenstock keinen Grund erreichen kann. Es ist dann ein gewöhnlicher Scherz, den Stock gewaltsam hinein zu harpuniren, worauf er bald als geschickter Taucher hoch emporschnellt.

Liegen aber dickere Sand- oder Geröllmassen beisammen, so schützen sie das Eis unter sich und bilden einen schuttbedeckten Eishügel. Auf diese Weise treten auch alle die dickern Moränen über das gewöhnliche Gletscherniveau hervor. Die Hauptmittelmoräne des Aargletschers erreicht an einigen Stellen über 100 Fuß Höhe, aber dieser mächtige Steinwall besteht keineswegs aus lauter Steinen, sondern der Hauptsache nach aus Eis, welches nur dicht von Steinen bedeckt ist. Ein Querschnitt derselben würde ungefähr so aussehen:



Die Gletscher transportiren aber nicht nur eine Menge Schutt und Steinblöcke, die auf ihre Oberfläche gefallen sind, stets thalabwärts, sie hier und da an den Thalgehängen oder auf dem Boden als Moränentheile liegen lassend, sondern durch ihre Bewegung unter sehr starkem Druck schleifen sie auch die Oberfläche aller Felsen ab, über die sie hinweggehen, und wirken gleichsam wie ungeheure Feilen, die unter sehr großem Druck in den Thälern fortgeschoben werden, wobei die in das Eis eingefrorenen Steine und Sandkörner vom wesentlichsten Einfluß sind.

An den hier und da liegen gebliebenen Endmoränen oder einzelnen Moräneblöcken, sowie an der Abrundung, Politur und parallelen Kritzung der Felsgehänge, erkennt man deshalb in sehr vielen Thälern der Alpen eine früher weit größere Ausdehnung der Gletscher, ja es erklären sich dadurch sogar alle die sogenannten erratischen Blöcke, die man in den Umgebungen der Alpen vielfach vorfindet, welche von den innersten und höchsten Bergen der Alpen-

kette herrühren, und doch zuweilen als hausgroße Felsmassen, wie der nachstehend abgebildete, 8 bis 10 Meilen von denselben entfernt, auf Anhöhen von mehreren Tausend Fuß, am Juragebirge z. B. bis über 3000 Fuß hoch, vorgefunden werden.



Pierre a Dzo. Ein Moräneblock bei Monthey im Rhonethal.

Das obere Aarthal zeigt die Abrundung seiner Felsgehänge bis zu einem gewissen Niveau, dem einstigen höchsten Stand seines Gletschers, ganz besonders deutlich. Umstehende Figur stellt einen Theil des linken Thalgehänges neben dem untern Theil des Unteraargletschers dar, wobei man nicht vergessen möge, daß die oberen zackigen Felsen ganz aus demselben Gestein bestehen, wie die unteren abgerundeten und oft glänzend polirten oder parallel gekritzten, daß also der Unterschied der Form hier nur ein äußerer, durch äußere Ursachen bedingter sein kann. Aus der Zusammenstellung dieser Erscheinungen, welche eine früher weit größere Ausdehnung der Alpengletscher beweisen, ergibt sich, daß die ganze niedere



Linkes Felsgehänge neben dem Unteraargletscher.

Schweiz zwischen den Hochalpen und dem Juragebirge einst in einer bestimmten geologischen Periode von Gletschereis überdeckt war, welches besonders aus den Hauptthälern der Rhone, der Aar und der Reuß hervorkam. Die gegenwärtigen Gletscher sind davon gleichsam nur kleine Ueberreste, obwol sie immer noch groß genug sind, um die Aufmerksamkeit im höchsten Grade auf sich zu lenken. Die Dicke des Unteraargletschers beträgt z. B. nach angestellten Messungen an manchen Stellen sicher über 800 Fuß, seine Breite $^{1}/_{8}$ bis $^{1}/_{4}$ Meile, seine Länge $1^{3}/_{4}$ Meilen; etwa 20 kleinere Zweiggletscher verbinden sich in ihm zu dieser großen Hauptmasse.

Die Länge des Aletschgletschers, welcher der größte in den Alpen ist, beträgt sogar $2^{3}/_{4}$ geographische Meilen.

Das sind Dimensionen von Eismassen, wie sie in keinem norddeutschen Gebirgsthale Raum finden würden, wenn diese auch der entsprechenden Temperatur ausgesetzt wären.

Ich habe bisjetzt nur von den Gletschern der Alpen gesprochen, aber auch manche andere Gebirgsgegenden sind reich daran, und je näher den Polen, desto tiefer reichen sie natürlich hinab.

Die spitzbergischen Gletscher, welche bis in das Meer reichen, sind mehr in die Breite als in die Länge ausgedehnt; der größte derselben, der Hornsound, hat nach Scoresby am untern Ende eine Breite von 11 englischen Meilen bei 360 Fuß Dicke. Außerdem kennt man sehr große Gletscher in Norwegen (Isbräen genannt), auf Island (Jökul genannt), im Himalaja, in den Anden, wo sie nach Darwin an der Westküste von Patagonien in der Breite von Genf (47 Grad) ebenfalls bis in das Meer hinabreichen, und kleinere in den Pyrenäen (Serneilhes); die größten aber endlich in West-Grönland. Den Humboldtgletscher im Norden Grönlands schätzte Kane gegen 1300 englische Meilen lang, und verfolgte eine 300 bis 500 Fuß hohe nackte Eiswand desselben auf die Länge von 80 englischen Meilen. Besonders genau wurde ein Theil der grönländischen Gletscher durch Rink untersucht, welcher an einer verhältnißmäßig kleinen Strecke der Westküste 22 in das Meer ausmünden sah, wo sich von Zeit zu Zeit gewaltige mit Felstrümmern beladene Massen von ihnen ablösen, die dann schwimmende Eisberge von 800 bis 1000 Fuß Dicke bilden. Rink glaubt, daß diese Gletscher sämmtlich von einem ungeheuern Eisfeld ausgehen, welches das Innere des Landes bedeckt. In mehreren dieser

Gegenden, und auch in andern Gebirgsgegenden der nordischen Hemisphäre hat man, wie in den Alpen, die Beobachtung gemacht, daß alle Gletscher in einer gewissen frühern Periode weit ausgedehnter gewesen sein müssen, und sogar wo es jetzt gar keinen ewigen Schnee und Eis mehr gibt, sind deutliche Spuren früherer Gletscher nachgewiesen worden, so besonders in Schottland, und in den Vogesen durch Colomb.

Es muß demnach eine Zeit gegeben haben, in welcher die nördliche Hemisphäre kälter war als jetzt, etwa so kalt als gegenwärtig die südliche, in der, wie wir gesehen haben, in derselben Breite, unter welcher unsere Alpen liegen, die Gletscher bis in das Meer herabreichen. Eine andere Vertheilung von Wasser und Land reicht hin, diese Thatsache zu erklären, wie denn auch gegenwärtig das gänzliche Ueberwiegen der Wasser- über die Landoberfläche in der südlichen Hemisphäre Hauptursache ihrer im Mittel niedrigern und dennoch etwas gemäßigtern Temperatur ist, weil die Wasseroberfläche durch Verdunstung eine große Menge Wärme absorbirt (latent macht).

Die Gletscher sind somit nicht nur gegenwärtig höchst interessante geologische Phänomene, welche durch Abschleifung und Transportirung von Felsblöcken zur Veränderung der Erdoberfläche beitragen, sondern die Spuren ihrer frühern Ausdehnung belehren zugleich über frühere erdphysikalische Zustände.

Wie sich die Gletscher zu den hohen Gebirgsketten verhalten, so ungefähr verhält sich das Polareis zum Erdganzen. Seine Entstehung ist jedoch nicht lediglich auf die Umwandlung von Schnee in Eis beschränkt, sondern es entsteht wol auch aus gefrierendem Wasser (Meer). Seine Ausdehnung von den Polen nach den Aequatorialgegenden hin ist wesentlich bedingt durch die ungleichen klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche, welche durch die Isothermen (Linien gleicher mittlerer Wärme) ausgedrückt werden. Die Regionen des ewigen Frostes überschreitet es ebenso wie die Gletscher, jedoch nicht als zusammenhängende Masse, sondern in Gestalt losgetrennter Eisberge und Schollen, welche von den Strömungen des Meeres oft weit in die gemäßigte Zone hineingeführt werden. Diese Eisberge und Schollen, mögen sie nun vom Polareise selbst, oder von in das Meer einmündenden Gletschern herrühren, sind sehr häufig beladen mit Steinschutt und mächtigen

Felsblöcken, welche sich auf diese Weise aus den beiden kalten Regionen der Erde nach den wärmeren Gegenden hintragen, wo sie beim Aufthauen des Eises zu Boden fallen. Dieser Vorgang ähnelt dem Transport durch Gletscher, findet aber in viel größerm Maßstabe und nur nach bestimmten Richtungen statt. Durch ihn werden erratische Blöcke noch jetzt alljährlich von den Polargegenden in die gemäßigten Zonen eingeführt und auf dem Boden des Meeres oder an flachen Küsten abgelagert.

Zahlreiche Beispiele dieses Transportes hat man beobachtet; noch ganz neuerlich erzählte C. Sutherland ein solches in seiner Voyage in Baffins-Bay and Barrows-Strait. Als Herr Petersen im Monat Oktober längs der flachen Küste Netze für weiße Wallfische ausgelegt hatte, kehrte er nach einigen Stunden zu ihnen zurück. Da mehrere Schwimmer unter das Wasser gezogen waren, so glaubte er sicher Fische gefangen zu haben. Als er aber das Netz zu heben begann, fand er darin zu seinem Erstaunen keinen Fisch, sondern einen enormen Felsblock. In der Nähe erblickte er auch noch die Eismasse, die ihn im Vorbeitreiben hatte fallen lassen.

Es kann kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die vielen sogenannten nordischen Geschiebe, oft hausgroße Felsblöcke ohne bemerkbare Abrundung der Ecken und Kanten, welche, aus Skandinavien und Finnland abstammend, über die große europäische Niederung in Deutschland, Dänemark und Rußland ausgestreut sind, auf diese Weise transportirt wurden, nicht durch bloße Fluten oder durch gigantische Schleuderkraft, welche letztere Hypothese sehr lebhaft an die mythologische Phantasie von der Arbeit der Titanen erinnert.

Auch diese weit ausgebreiteten erratischen Felsblöcke deuten, wie die Spuren vorhistorischer Gletscher, sehr bestimmt auf eine Periode hin, in welcher die physikalischen Zustände der nördlichen Hemisphäre ganz andere waren als jetzt. Nicht nur muß das Klima allgemein ein kälteres gewesen sein, sondern auch die Ausdehnung der Wasseroberfläche (des Meeres im Verhältniß zum Land) eine weit größere. Beides stimmt aber mit einander sowie mit den alten Gletscherspuren überein, denn das Eine erklärt das Andere, und führt zu dem Resultat, daß in einer Periode der Erdentwickelung, welche dem Auftreten des Menschen nicht allzulange voraus-

ging, die physikalischen Zustände der nördlichen Hemisphäre in gewisser Beziehung, namentlich was das Klima und das Verhältniß zwischen Wasser- und Landoberfläche anlangt, den gegenwärtigen der südlichen Hemisphäre ähnlich gewesen sind. Man hat diese Periode „die Eiszeit" genannt; aber wol mit Unrecht, insofern sich diese Bezeichnung auf die ganze Erde und nicht blos auf die nördliche Hemisphäre beziehen soll.

Geht man noch weiter zurück in der Geschichte der Erde, forscht man in den Zeiten, in welchen die Kreidebildungen oder ältere Schichten abgelagert wurden, nach Spuren von Eis- und Schneewirkungen, so findet man von dem Allen gar Nichts. Weder erratische Blöcke, noch Gletscherschliffflächen, oder Etwas der Art sind aus jenen Perioden bis jetzt bekannt geworden, vielmehr scheint aus der Natur und Vertheilung der organischen Ueberreste sehr deutlich hervorzugehen, daß die Erde damals überall wärmer war als jetzt.

Auch das erste Auftreten und Wirken von Eis und Schnee auf der Erde scheint somit ganz in Uebereinstimmung zu stehen mit den übrigen Thatsachen, welche für allmälige Abkühlung des Erdkörpers sprechen. Die Eisbildung begann auf der Erde erst in der vorletzten der großen Perioden, welche die Geologen zu unterscheiden pflegen.

Eis und Schnee gehören in den Polargegenden geradezu zu den konstanten Bestandtheilen der festen Erdkruste, so gut als die aus Mineralverbindungen bestehenden Gesteine. Und sie finden sich nicht blos an der äußern Oberfläche, auch in gewissen Tiefen, in der Nähe der Oberfläche, kennt man das Eis als Gestein. Bei Jakuzk in Sibirien wurde in einem Brunnenschacht der Boden bis 382 Fuß tief gefroren und zum Theil ganz aus Eis bestehend gefunden, während er im Sommer jährlich bis 3 Fuß tief aufthaut und kulturfähig wird. Diese unterirdischen Eisschichten können noch näher an den Polen offenbar noch mächtiger sein, aber sicherlich nie eine Tiefe von viel mehr als 1000 Fuß erreichen, weil das die innere Wärme der Erde nicht erlaubt, die erfahrungsmäßig von einer gewissen Tiefe an mit je 100 Fuß mehr Tiefe ungefähr um 1 Grad zunimmt. Schon bei Jakuzk zeigen diese gefrorenen Bodenschichten ihre größten Kältegrade in der Nähe der Oberfläche (im Jahresmittel) — 9 Grad, und von da abwärts

eine stets zunehmende, also wärmere Temperatur, bis dieselbe bei 82 ziemlich den Thaupunkt erreicht.

Das Wasser im starren Zustande, als Schnee und Eis, wirkt somit nicht nur verändernd auf die feste Erdoberfläche ein, indem es Thäler gleichsam ausfeilt, mächtige Felsblöcke und Schuttlagen durch Thäler hinab oder weit über den Ocean transportirt, sondern es tritt auch selbst als ziemlich konstanter Bestandtheil der festen Erdkruste, als Gestein auf.

V.

Die Gesteine, woraus die feste Erdkruste besteht.

Allgemeines über Gesteine. — Hauptunterschiede derselben. — Sedimentärgesteine. — Ablagerungen der Flüsse. — Krystallinische Absätze und Quellen. — Gesteinsbildung durch Pflanzen. — Gesteinsbildung durch Thiere. — Infusoriengesteine. — Korallenriffe und Inseln. — Metamorphische Gesteine. — Eruptivgesteine. — Vulkanische und plutonische Laven. — Absonderungsformen. — Blasenbildung. — Mandelsteine. — Gesteinsgänge. — Unterscheidung der Eruptivgesteine. — Reibungsbreccien.

Das Material, woraus die feste Erdkruste besteht, nennt man Gesteine oder Felsarten, und versteht darunter nicht blos die festen Massen, welche wirkliche Felsen bilden und welche man im gemeinen Leben Steine zu nennen pflegt, sondern auch lockere Anhäufungen von Sand oder weiche Lagen von plastischem Thon u. s. w., überhaupt Alles, was einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der festen Erdkruste nimmt; unter gewissen Umständen daher auch Eis.

Alle Gesteine bestehen aus Minera ltheilen. Sie lassen sich aber ihrer Zusammensetzung nach unterscheiden in solche, die wesentlich nur aus Theilen eines Minerals zusammengesetzt sind, wie z. B. Kalkstein, Gyps oder Quarzfels, und in solche, welche wesentlich aus mehreren Mineralien bestehen, wie z. B. der Granit aus den drei Mineralien Feldspath, Quarz und Glimmer. Man nennt die ersteren einfache, die letzteren gemengte Gesteine. Ferner lassen sich alle Gesteine unterscheiden in dichte, in denen die zu einer Masse verbundenen Mineraltheilchen so klein und so innig verflößt sind, daß man sie nicht als solche zu unterscheiden vermag, und in deutlich gemengte, in denen die sie zusammensetzenden Mineraltheilchen sich erkennnen und unterscheiden lassen. Nach der Art der Verbindung der zusammensetzenden Theilchen unterscheidet man krystallinisch und mechanisch gemengte Ge-

steine; zu den ersteren gehört z. B. der Granit, zu den letzteren der Sandstein, in welchem die Sandkörner durch irgend ein Bindemittel zusammengehalten werden. Nach der Form und Verbindungsweise der einzelnen Theilchen unterscheidet man dann noch verschiedene Texturarten, z. B. dicht, körnig, schieferig, porphyrartig u. s. w. Die ersteren dieser Ausdrücke dürften Jedermann verständlich sein; der letztere bezeichnet das Vorkommen von Krystallen oder wenigstens krystallinischen Mineraltheilen in einer dichten oder feinkörnigen Grundmasse.

Es kann hier nicht meine Absicht sein, eine vollständige Uebersicht über die Zusammensetzungsweise der Gesteine zu geben; diese wenigen Vorbemerkungen erschienen jedoch wünschenswerth.

Da alle Gesteine Anhäufungen oder Aggregate von Mineraltheilchen, und zwar zum Theil von verschiedenartigen sind, so bilden sie keine scharf abgegrenzten Species oder Arten, gehen vielmehr vielfach in einander über, und lassen sich auch nicht nach einem bestimmten selbständigen Princip in ein System ordnen, wie etwa die Mineralien, aus denen sie bestehen. Um sie aber dennoch einigermaßen zu klassificiren und dadurch ihre große Mannigfaltigkeit etwas übersichtlicher zu machen, ist es am besten, soweit das ausführbar ist, sie nach der verschiedenen Art ihrer Entstehung in große Gruppen zu vereinigen. Hiernach lassen sich zunächst ganz im Allgemeinen unterscheiden

1) sedimentäre oder neptunische Gesteine;
2) metamorphische, d. h. stark veränderte Sedimentärgesteine, und
3) eruptive, d. h. durch Empordringen im weichen Zustande und darauffolgende Erstarrung entstandene Gesteine.

Für alle drei gibt es sehr charakteristische Vertreter, deren Zurechnung zu der einen oder der andern Abtheilung nicht die geringsten Zweifel verursachen wird. Es gibt aber auch Gesteinsvorkommnisse, deren Entstehungsweise nicht so leicht zu erkennen ist, und über deren Zurechnung zu der einen oder der andern Abtheilung selbst die geübtesten Geologen zweifelhaft sein können. Namentlich zwischen den sedimentären und den metamorphischen Gesteinen gibt es gar keine scharfe Grenze, da eben die letzteren aus den ersteren hervorgegangen sind.

Ueberdies ist es zweckmäßig, noch einen Unterschied zu machen

zwischen den weitverbreiteten, sich überall unter ähnlichen Umständen gleichartig wiederholenden Mineralverbindungen, welche oft große zusammenhängende Massen bilden, und den nur ganz lokal in geringer Mächtigkeit auftretenden. Wir wollen die ersteren vorzugsweise Gesteine, die letzteren dagegen besondere Lagerstätten nennen. Es gehören zu diesen letzteren z. B. die Erzgänge, Erzlager und Erzstöcke. Sie zeigen in ihrer Zusammensetzung wie in ihrem Vorkommen durchaus nicht eine solche Gleichmäßigkeit wie die weitverbreiteten Gesteine, und scheinen sehr oft das Produkt ganz lokaler Umstände zu sein.

a. Sedimentärgesteine.

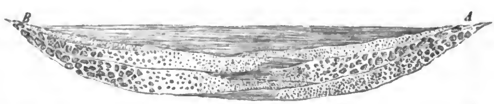
Dazu rechnen wir alle deutlich unter Mitwirkung oder Vermittelung von Wasser gebildeten oder abgelagerten, mögen sie nun durch das Wasser mechanisch zusammengeschwemmt, aus einer chemischen Auflösung ihrer Bestandtheile niedergeschlagen, durch Pflanzenanhäufung (phytogen), oder durch eine Anhäufung von thierischen Resten (zoogen) gebildet sein; möge ihr Material — wie bei gewissen Tuffen — deutlich vulkanischen Ursprungs, oder durch Abschwemmung früher vorhanden gewesener Gesteine geliefert worden sein.

Zu den mechanisch gebildeten Sedimentärgesteinen gehören z. B. Konglomerat, Sandstein, vulkanischer Tuff, Thon, Schieferthon, Thonschiefer und vieler Mergel; zu den chemisch niedergeschlagenen: Steinsalz, Gyps, manche Kieselgesteine, manche Kalksteine und manche Eisensteine; zu den durch Pflanzenanhäufungen entstandenen: Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit; zu den durch Anhäufung von thierischen Ueberresten gebildeten: viele Kalksteine, Dolomite, Kieselguhr, Polirschiefer u. s. w. Alle diese sedimentären Gesteine finden sich in der Regel in mehr oder weniger regelmäßigen Schichten über einander liegend, deren Stellung ursprünglich eine ziemlich horizontale war, nun aber oft vielfach verändert, gebogen, zerbrochen und stark aufgerichtet ist. Die meisten derselben enthalten noch deutlich erkennbare Versteinerungen, d. h. Reste von Thieren und Pflanzen. Durch diese Umstände geben sie sich eben recht sicher als Ablagerungen des Wassers oder wenigstens als unter dessen Mitwirkung entstanden zu erkennen.

Wir wollen einige solche Gesteinsbildungen näher betrachten, mögen es nun specieller mechanische Ablagerungen, Niederschläge aus chemischen Solutionen, oder Folgen des organischen Lebens sein

Die Flüsse lagern, wie wir gesehen haben, da wo ihre Strömung unterbrochen wird, in Landseen oder vor ihren Mündungen in das Meer, Geschiebe-, Sand- oder Schlammschichten ab. Diese erhärten mehr und mehr durch zwischen die Geschiebe und Sandkörner eindringende Bindemittel (Thon!, Kalk oder Eisenoxyd), oder durch den Druck der immer wieder darüber abgelagerten neuen Schichten, bis sie endlich zu festen Konglomerat-, Sandstein- oder Schieferthonschichten werden. So entstehen vielerlei Gesteine auf ganz mechanische Weise. Höchstens ist ihr Bindemittel zuweilen ein chemischer Niederschlag. Diese Gesteine sind in der Regel deutlich (und ursprünglich horizontal) geschichtet, weil ihre Ablagerung meist etwas periodisch und darum deutlich in Schichten gesondert erfolgt, veranlaßt durch den Wechsel hohen und niedern Wasserstandes.

Durch denselben Umstand, die Periodicität, geschieht es auch, daß an ein und derselben Stelle Geschiebe-, Sand- und Schlamm- (oder Konglomerat-, Sandstein- und Schieferthon-) schichten mit einander abwechseln, weil das Wasser bei starker Strömung grobe, bei schwacher nur feine Theile herzuführt und ablagert. Denken wir uns ein Wasserbecken, in welches von zwei entgegengesetzten Seiten in ungleichen Momenten derselben Periode sehr ungleiche Theile eingeführt werden, so kann das Gesammtresultat der Ablagerungen dadurch ein sehr komplicirtes werden.



Es mögen z. B. in dem ersten Zeitmoment von der Seite A (siehe die Figur) nur wenig Geschiebe und nicht weit hinein, Sand weiter, und Schlamm noch weiter eingeführt werden. In dem zweiten Moment von der Seite B aus ebenso. In dem dritten wieder von A her, und zwar diesmal mehr Geschiebe und viel weiter hinein, und in einem vierten ebenso von B her: so muß dadurch natürlich eine Verbindung der einzelnen Gesteinsarten ähnlich wie

in vorstehender Figur hervorgebracht werden, die aber je nach Umständen außerordentlich modificirt sein kann. Findet man daher eine derartige Verbindung ungleicher mechanischer Ablagerungen, so kann man aus ihr einigermaßen auf die Natur und den Wechsel der einzelnen Bildungsperioden schließen.

Eine zweite Art der Gesteinsbildung ist die durch chemische Ablagerung. Eine große Zahl von Quellen setzt in der Nähe ihrer Ausmündung kohlensaure Kalkerde ab, weil sie Kohlensäure verlieren, weil ein Theil des Wassers verdunstet, oder weil sie abkühlen. Andere setzen auf gleiche Weise Kieselerde oder Eisenoxyd ab. Auf diese Art entstehen Ablagerungen von Kalktuff (Travertin), Kalksinter, Kieseltuff, Kieselsinter oder Raseneisenstein. Diese chemischen Ablagerungen aus Wasser erfolgen in geringerer Menge auch noch aus Bächen, Flüssen und Sümpfen, und wechseln dann auch wol mit mechanischen Bildungen, oder dringen in die Zwischenräume derselben als Bindemittel ein.

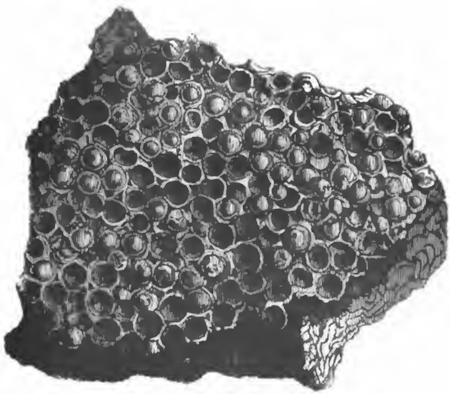
In der Regel erfolgen auch diese chemischen Ablagerungen wie die mechanischen in ziemlich horizontalen Schichten, es finden jedoch bei ihnen in dieser Beziehung viele Ausnahmen statt, in welchen Quellenabsätze steile oder sogar überhängende Wände bedecken. Die Krystallisationskraft ist hier die überwiegende, sie überwindet die Gravitation der Erde (die Schwere), welche bei den mechanischen Ablagerungen allein herrscht, und deshalb bei ihnen stets ziemlich horizontale Schichtung bedingt.

Ein sehr auffallendes Beispiel davon, wie unabhängig die chemischen Ablagerungen von der Schwerkraft sind, liefern uns die Erbsensteinbildungen, die an einigen karlsbader Quellen in so ausgezeichnet schöner Weise erfolgen. Diese kalkreichen Quellen sind bei ihrem Hervortreten äußerst bewegt, sie führen kleine Granittheilchen, Quarz- oder Feldspathkörnchen mit sich, und spielen gleichsam mit denselben; dabei aber lagern sich nach und nach um alle diese Körnchen dünne koncentrische Schichten von Kalksinter ab. Sie ballen sich mehr und mehr zu kleinen Kugeln. Haben diese Kugeln eine bestimmte Größe erreicht, in welcher sie zu schwer sind, um noch fortwährend vom Stoß der Quelle emporgewirbelt zu werden, so fallen sie an ruhigeren Stellen zu Boden, bleiben übereinander liegen und sintern durch zwischen



Ein durchschnittenes Erbsensteinkorn.

sie eindringende Kalkniederschläge zu sogenanntem Erbsenstein (s. folg. Fig.) zusammen. Sehr oft haben die einzelnen Kalksinterkügelchen ungefähr die Größe von Erbsen, sie kommen jedoch auch größer und kleiner vor, je nach der örtlichen Stoßkraft der Quelle. Durchschlägt oder durchschneidet man eine dieser kleinen Kugeln, so sieht man deutlich ihre Zusammensetzung aus lauter einzelnen dünnen koncentrischen Lagen, rings um ein kleines Sandkorn oder Granittheilchen herum, welches das Centrum bildet.



Erbsenstein von Karlsbad.

In den Flötzformationen kennt man sehr ausgedehnte Schichten unter dem Namen Rogensteine, welche eine recht ähnliche Zusammensetzung aus einzelnen sphäroidischen kalkigen Körnern zeigen, und L. v. Buch hat an den Küsten der Kanarischen Inseln beobachtet, daß auch das stets bewegte Meer eine Art Erbsen- oder Rogensteine (Oolith) zu bilden vermag, indem es kleine Fragmente von Muschelschalen oder Lavasandkörnern mit koncentrischen Schichten von kohlensaurem Kalk überzieht; doch sind sicher nicht alle Rogensteine auf diese Art entstanden, für manche dergleichen Ablagerungen ist die Bildungsweise vielmehr noch sehr räthselhaft.

Eine dritte Bildungsweise von Gesteinen ist die durch Anhäufung und Umwandlung von vegetabilischen Substanzen. In den

Torflagern können wir diesen Vorgang sehr deutlich verfolgen. Immer neue Pflanzenindividuen, meist Moosarten, wachsen aus den alten hervor, gleichsam auf ihren Leichen. Die ganze Masse wird dadurch stets dicker, die unteren Pflanzentheile gehen aber durch den Druck der oberen, durch Abschluß von der Luft und durch einen innern Umwandlungsproceß allmälig in eine dunkle, dichte, brennbare, der Braunkohle etwas ähnliche Masse über.

Andere mächtige Anhäufungen von Pflanzentheilen erfolgen durch Zusammenschwemmen im Wasser, sowol im Meere als in Landseen. Die Flüsse schwemmen Baumstämme und Laub ein, die an irgend einer ruhigen Stelle zur Ablagerung gelangen, und da diese Pflanzentheile unter sich ziemlich gleiche Verhältnisse der Größe und Schwere besitzen, so werden sie auch alle in denselben Regionen der großen Wasserbecken abgelagert, wo eben die Stoßkraft des Wassers nicht mehr hinreicht, sie weiter zu führen.

Endlich wachsen auch im Meere selbst gewisse Pflanzen, die Seetange (Fukusarten), zuweilen in ungeheurer Quantität neben- und übereinander, ja es ist bekannt, daß das dichte Gewebe der Fukoideen an einigen Stellen des Atlantischen Oceans der Schifffahrt hinderlich wird. Die Körper dieser Meerespflanzen verfallen aber ebenfalls der Ablagerung auf den Boden des Meeres, und müssen wie jene Einschwemmungen nach und nach mächtige Anhäufungen von Pflanzentheilen veranlassen.

Durch solche Pflanzenanhäufungen auf die eine oder die andere Art sind ohne Zweifel alle Arten von Kohlenlagern entstanden, welche sich zwischen den Gesteinen der festen Erdrinde vorfinden, und welche sich in ungleichen Zuständen der Umwandlung befinden. Am wenigsten umgewandelt sind die Braunkohlen, mehr schon die Steinkohlen und noch mehr die Anthracite, ja die Umwandlungsreihe läßt sich als wahrscheinlich bis in den Graphit und Diamant verfolgen. Die wesentlichsten Bestandtheile der Pflanzen sind Kohlenstoff und Wasserstoff. In dem Verlaufe der Umwandlung gehen diese Stoffe nach und nach andere Verbindungen mit einander ein, und der Wasserstoff, als leichter sich verflüchtigend, entweicht mit etwas Kohlenstoff als Bitumen mehr und mehr aus der Verbindung, bis endlich beinahe reiner Kohlenstoff

zurückbleibt. Dabei finden wir die einzelnen Umwandlungsstufen stets unter solchen Lagerungsverhältnissen, welche dem Grade ihrer Umwandlung entsprechen. Der Grad der Umwandlung ist nämlich theils eine Folge der Zeit und des Druckes darauf lastender Massen, welche letztere besonders mechanisch verdichtend wirken, theils aber eine Folge der Einwirkung erhöhter Temperatur, welche sublimirend auf das Bitumen wirkt. Durch die mehrfache Kombination dieser Ursachen werden nun auch die Resultate etwas komplicirter. Im Allgemeinen sind die fossilen Kohlen um so stärker umgewandelt, um so dichter, schwärzer und an Bitumen (d. h. an Wasserstoff) ärmer, je älter sie sind. Die jüngsten der fossilen Kohlen sind im Allgemeinen die Braunkohlen, dann folgen dem Alter nach Steinkohlen, Anthracit und Graphit. Wo aber vulkanische und plutonische Gesteine durch die Kohlenlager emporgedrungen sind, da sind örtlich auch die Braunkohlen oder die Schwarzkohlen ihres Bitumens beraubt, in Schwarzkohlen oder in Anthracit umgewandelt. Auch das zeitweilige besonders tiefe Hinabsinken einzelner Kohlenlager in die hohe Temperatur des Erdinnern scheint den Umwandlungsproceß der Kohlen sehr befördert zu haben, und so finden wir z. B. die später wieder gehobenen Kohlenlager der Alleghanikette auf sehr große Ausdehnung größtentheils in Anthracit umgewandelt, obwol sie nach den damit vorkommenden Pflanzenresten ganz von demselben Alter sind wie unsere europäischen bitumenhaltigen Steinkohlen. Die tertiären Kohlen am Nordrand der Alpen sind wol aus demselben Grunde meist nicht mehr echte Braun-, sondern beinahe Schwarzkohlen. Man sieht, daß auch bei diesem Proceß ein höherer Wärmegrad in kürzerer Zeit ganz dasselbe Resultat hervorzubringen vermag, als ein geringerer Wärmegrad in einer längern Periode. Die Energie der Einwirkung ersetzt die Dauer derselben.

Nicht nur die Pflanzen, auch die Thiere bilden Gesteine, selten jedoch durch die Anhäufung ihrer fleischigen Körper, gewöhnlich nur durch die der festen, meist kalkigen, zuweilen kieseligen Gehäuse, mit denen sie sich umgeben. Erst der neuesten Zeit gehört die Entdeckung an, daß manche Gesteine ganz aus den mikroskopisch kleinen organischen Resten bestehen.

Es war im Jahre 1836, als Ehrenberg, durch den Vor-

zellanfabrikbesitzer Herrn Fischer darauf aufmerksam gemacht, zuerst fossile Infusorientheile, und zwar sogenannte aus Kieselerde bestehende Panzer derselben, in der Kieselguhr erkannte, welche in den großen Torflagern bei Franzensbad in Böhmen oft mächtige weiße steinerdige Schichten bildet. Durch diesen Fund achtsam gemacht, hat er seitdem die Ueberreste des kleinsten Lebens als Hauptbestandtheil einer großen Zahl von Gesteinen nachgewiesen, und zwar besonders solcher, welche man wie Kieselguhr, Trippel, Polirschiefer, Kreide u. dergl. im pulverisirten Zustande zum Putzen oder Poliren von Metallen anzuwenden pflegt. Daß dergleichen aus dem freien Auge unsichtbaren festen kieseligen oder kalkigen Theilchen bestehende Gesteine vorzugsweise zu diesen technischen Zwecken anwendbar sind, ist ganz natürlich, da diese Theilchen zwar lauter Kritze verursachen, die aber so fein sind, daß man sie mit unbewaffnetem Auge nicht sehen kann. Die höchst fein gekritzte Oberfläche erscheint deshalb blank und eben.

In Ehrenberg's Mikrogeologie liegt uns jetzt das Resultat fast zwanzigjähriger unermüdlicher Beobachtungen und Forschungen vor, von denen hier einige der interessantesten mitgetheilt werden mögen. Wer die 41 großen Tafeln dieses Prachtwerkes durchsieht, wird staunend überwältigt von der Vielzahl und Mannigfaltigkeit wunderbarer Formen, von dem unendlichen Leben und seinen uralten Spuren, welche überall aufgefunden werden, in und über der festen Erdkruste, wohin nur das scharf bewaffnete Auge des Forschers zu dringen vermag.

Alles scheint sich zu beleben, nichts Todtes, oder im Ursprung ganz Anorganisches übrig zu bleiben. Der von solcher Lebensfülle aller Zeiten Ueberraschte kann leicht zu der irrigen Ansicht geführt werden, die schon Gleichen, einer der ersten mikroskopischen Forscher, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts aufstellte: die ganze Erde sei aus Infusorien entstanden. Fast unheimlich und gespenstisch berührt diese nun aufgeschlossene, wenn auch zum Theil längst begrabene Lebenswelt, die Alles zu durchdringen scheint, das Eis der Pole und Gletscher, den Schlamm des Meeres, den Firn und die lockere Erde der höchsten Berggipfel, den Staub der erdumstürmenden Orkane, und den, welcher im ruhigen Sonnen-

strahl zittert, den fruchtbaren Boden der Niederung, das Wasser der Flüsse und des Meeres, die starren Felsschichten der Erde, und selbst die glühend ausgeworfenen Produkte der Vulkane. Kaum bleibt uns ein klarer Quell, aus dem wir schöpfen mögen, um unsern Durst zu löschen, in der Besorgniß, Tausende unheimlicher Wesen mit zu verschlucken. Aber der Mensch hat seit Jahrtausenden die Erde bewohnt, ohne sich um diese kleinste lebende Schöpfung, diese unsichtbaren Gnomen fast alles irdischen Stoffes zu bekümmern, ohne von ihnen wesentlich gestört oder belästigt zu werden. Warum sollten wir also jetzt vor Dem erschrecken, was so lange schon, nur unerkannt, neben uns bestanden hat!

Wir sehen aus Ehrenberg's Untersuchungen, daß diese fast unsichtbaren Organismen schon seit den urältesten Erdperioden, seitdem es Wasser gab, bestanden, und daß ihre immense Fruchtbarkeit nicht wenig zu der gegenwärtigen Gestaltung der Erdoberfläche beigetragen hat. Ganze Berge, die Bodenschichten ganzer Länder bestehen vorherrschend aus den Ueberresten der Leichen oder Skelete kleiner einst lebender Wesen, deren Billionen in den Raum eines Kubikzolles gehen, die aber unter günstigen Umständen mit solcher Schnelligkeit sich vermehren, daß aus einem Individuum in jeder Stunde zwei werden, in der zweiten Stunden vier, in der dritten acht, u. s. w. Könnte es so fortgehen, d. h. müßte nicht sehr bald die Nahrung mangeln, so würden nach Ehrenberg's Berechnungen die Nachkommen eines an sich dem freien Auge unsichtbaren Wesens binnen acht Tagen den Raum unseres Erdkörpers einnehmen, und eine Stunde später natürlich den Raum von zwei Erdkörpern. Daß diese außerordentliche Vermehrungsfähigkeit durch äußere Umstände stets beschränkt wird, versteht sich von selbst. Immerhin aber ist sie von großer geologischer Bedeutung und erklärt die Massenhaftigkeit des Auftretens der Ueberreste von dergleichen Organismen, wie denn überhaupt die geologische Wirkung der Thier- und Pflanzenformen eine um so größere zu sein scheint, je kleiner die einzelnen Individuen sind. Ein Kubikzoll staubartig zusammengesetzter Steinmasse des Kutschliner Polirschiefers z. B. besteht nach annähernder Zählung und Berechnung aus mehr als tausend Millionen Einzelwesen, und in ungemessenen Zeiträumen sind durch die beschränkte Fortpflanzung anderer kleiner

Thierspecies mehrere hundert Fuß mächtige, weit verbreitete Gesteinsablagerungen wie die der Kreide entstanden. Von der Monas prodigiosa gehen sogar mehr als 884 Billionen Einzelwesen in den Raum eines Kubikzolles, und binnen sechs Stunden war die Vermehrung der geringsten Spur davon erfahrungsmäßig so groß, daß sie einen Kubikzoll einnahm.

Doch es sei gestattet, nach diesen allgemeinen Bemerkungen aus Ehrenberg's Prachtwerk einige Stellen hervorzuheben und theilweise durch Kopien seiner Abbildungen zu erläutern. Der Verfasser sagt in der Vorrede: „Diese Mittheilungen sollen nur in strenger Aneinanderreihung einfacher Thatsachen einen weitern Blick in das große Wirken des organischen Stilllebens eröffnen helfen, welches dem gewöhnlichen Auge des Menschen für jede sinnliche Auffassung ganz verborgen, aber der durch das Mikroskop mäßig verstärkten Sehkraft schon ganz deutlich ist."

Es scheidet sich alles unsichtbare kleine Leben wie das große in zwei mannigfach scharf getrennte Reihen, die auch für die Geologie sehr wichtig sind: einerseits in Formen des süßen Wassers und des Festlandes, über dem Meere, und andererseits in Formen des Meerwassers und deren Produkte. Zuweilen deutet die Mischung beider Formen auf halbsüße, sogenannte brakische Verhältnisse, nicht selten auf jetzige oder längst verwischte, urweltliche Mündungen von Flüssen in's Meer. Diese Erkenntniß greift ordnend in die geologischen Fragen ein und entscheidet nicht selten wesentlich.

Ein anderes Resultat ist die festgestellte Erkenntniß, daß bei den jetzigen Sehmitteln die Erde überall in der Atmosphäre und an ihrer Oberfläche über und unter dem Meere, von den Alpenspitzen bis zu ihren tiefsten Gebirgsmassen, nur immer dieselben wiederkehrenden, häufig höchst massenhaften sechs Klassen von mikroskopischen Formen zeigt, welche nach und nach erkannt worden sind. Die Gesammtmasse der mikroskopischen Formen, oder Alles, was das Mikroskop bei dreihundertmaliger, ja bis tausendmaliger Vergrößerung bis jetzt deutlich zeigt, theilt nämlich Ehrenberg rücksichtlich der erd- und steinbildenden Formen in:

A. Kieseltheile. I. Klasse: Polygastern; II. Klasse: Poly-

cystinen; III. Klasse: Phytolitharien; IV. Klasse: Geolithien.

B. **Kalktheile.** V. Klasse: Polythalamien; VI. Klasse: Zoolitharien.

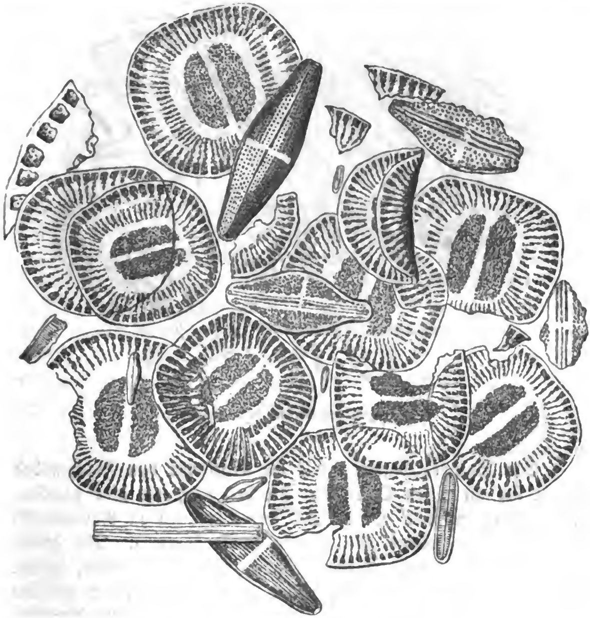
Es gibt in dieser Beziehung nur Kiesel- und Kalkorganismen, keine Thonorganismen, keine reinen Eisenorganismen u. s. w. Daher auch nur kieselige oder kalkige Gesteine, welche wesentlich daraus entstanden sind. Von diesen sechs Klassen gehören drei dem selbständigen Leben an, drei sind die oft massenhaften Bruchstücke des Skelets oder der Schalen von unbekannten oder auch bekannten Formen derselben und von andern bekannten Organismen. Möglicherweise können besonders die Geolithien allmälig noch zu einer besondern Organismenklasse hinleiten, da ihre Kieselformen oft sehr abweichend sind. Die Phytolitharien sind Kieseltheile von Landpflanzen oder Seeschwämmen; die Zoolitharien sind Theile vorherrschend von Muscheln oder Schalthieren. Beides gibt geologisch interessante Charaktere für Gebirgsmassen, die ohne specielle Beachtung dieser Formen verloren gehen. Polythalamien, Polycystinen und Geolithien sind reine Meeresbildungen, keine einzige dieser Formen ist aus Süßwasser bekannt. Polygastern, Phytolitharien und Zoolitharien kommen im Süßwasser und im Meere vor; aber viele Formen sind bald für das eine, bald für das andere scharf bezeichnend, sie enthalten rein marine und reine Süßwasser-Genera und -Arten neben andern, die beiden Lebenselementen angehören.

Während bei allen größeren Organismen, die sich im fossilen Zustande finden, als sehr allgemeines Gesetz erkannt worden ist, daß ihre Formen von den jetzt lebenden analogen um so mehr abweichen, in je älteren Ablagerungen sie vorkommen, und daß in älteren als tertiären Bildungen überhaupt keine Art mehr mit einer jetzt noch lebenden übereinstimmt, so glaubt Ehrenberg dagegen gefunden zu haben, daß die mikroskopischen Organismen sich durch alle geologischen Zeiträume viel mehr gleichgeblieben sind, und daß selbst in den ältesten Formationen manche jetzt noch existirende Arten vorkommen.

Gehen wir nun über zu einzelnen Beispielen der Gesteinsbil-

dung durch mikroskopische Organismen und überhaupt des geologisch interessanten Vorkommens der letzteren.

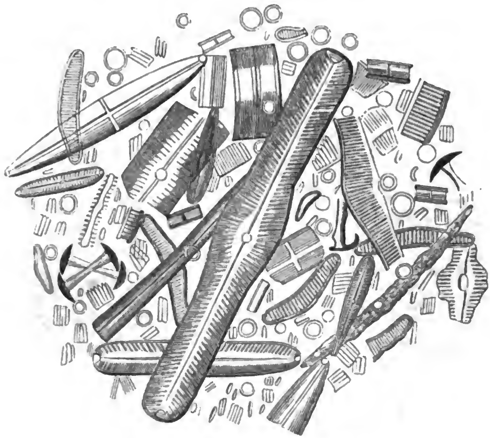
Die hier bei dreihundertfacher Vergrößerung des Durchmessers (also neunzigtausendfacher der Fläche) dargestellte Kieselguhr von Franzensbad bei Eger war es, wie schon berichtet, welche überhaupt die erste



Kieselguhr von Franzensbad.

Veranlassung zur Auffindung fossiler Formen gab. Sie bildet Knollen und mehrere Fuß mächtige zusammenhängende Schichten im Torf, besonders in der Nähe des Dorfes Soos unweit Eger. Die in der Abbildung vorherrschende Form ist das Kieselgerüst (der Kieselpanzer) von Campylodiscus Clypeus; als zweite Hauptform erscheint Pinu-

laria viridis. Außerdem kommen in derselben Infusorienerde häufig noch Arten der Genera Gallionella und Navicula vor.



Kieselguhr von Stafford in Virginien.

Ein ähnliches Material wie die Kieselguhr von Franzensbad findet sich an vielen Orten der Erdoberfläche; die hier gegebene Figur stellt nur noch ein Beispiel aus Virginien in Nordamerika dar. Es sind wieder Kieselschalen (oder Panzer). Die größte derselben, welche quer durch das ganze Gesichtsfeld reicht, gehört einer Pinnularia nobilis an; neben derselben erscheinen mehrere andere Pinnularia-Reste, sowie verwandte Formen aus dem Geschlecht Navicula. Die beiden einfach gestreiften Schalen, deren eine über dem kleinen Schild mit dem Kreuz liegt, gehören zu Himantidium, die eigenthümlichen spulenförmigen oder doppelten Pilzen ähnlichen Körper dagegen zum Genus Amphidiscus. Ueberhaupt fand Ehrenberg in dieser Süßwasserbildung 27 verschiedene Polygastern und 12 Phytolitharien.

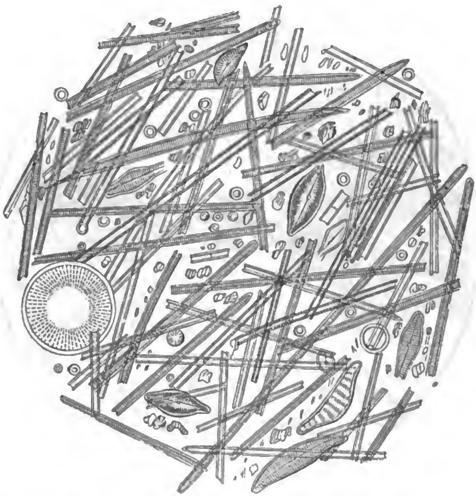
Hier ist nun eine Probe abgebildet von dem aus zum Theil noch lebenden Infusorien bestehenden Lager, auf welchem ein Theil von



Probe von dem lebenden Infusorienlager unter Berlin.

Berlin erbaut ist. Nur die obere Region dieser viele Fuß mächtigen Bodenschicht enthält noch lebende Individuen, der untere Theil besteht aus todten Resten. Ehrenberg fand darin 90 Arten Polygastern, 41 Phytolitharien und kleine Theilchen von Fichtenblütenstaub. Die in der Figur vorherrschenden Formen gehören den Geschlechtern Pinnularia, Cocconema, Gallionella (runde Scheiben oder gegliederte Stäbe) und Spongiolithis an; zu letzterem gehört der vielzackige Körper. Dieses Infusorienlager gewährt natürlich keinen recht festen Baugrund, und wirklich scheinen infolge davon einige nicht mit gehöriger Vorsicht erbaute neue Häuser Berlins eingestürzt zu sein.

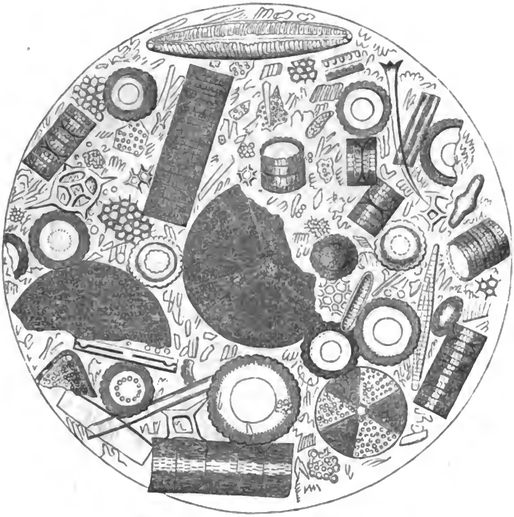
Im Jahre 1836, kurz nach Erkennung der Franzensbader Kieselguhr als eine Infusorienerde, erkannte man auch schon bei



Eßbares Bergmehl von dem Infusorienlager unweit Ebsdorf in der Lüneburger Haide.

Ebsdorf in der Lüneburger Haide ein ähnliches Lager von 30 Fuß Dicke, aus welchem Ehrenberg 30 verschiedene Thierformen bestimmt hat. Die häufigste derselben ist die in der vorstehenden Abbildung ganz vorherrschende Synedra acuta, die wie eine oben und unten geschlossene Leiter aussieht. Außerdem zeigen sich in dem Bilde z. B. Gallionella varians (als große Scheibe) und Pinnularia inaequalis als kleiner ovaler gestreifter Körper. Die Zusammensetzung dieser kieselschaligen Erde ist übrigens eine analoge wie die der vielen eßbaren, aber dabei nicht nahrhaften sogenannten Bergmehlarten.

Ein dem Trippel ähnliches Gestein (Trippelfels) von Richmond in Virginien, von dem eine Probe hier dargestellt ist, ent-



Trippelfelsen von Richmond in Virginien.

hält über hundert verschiedene Kieselformen, größtentheils von marinen Polygastern herrührend. Besonders kenntlich sind auf der Abbildung:

Gallionella, cylindrische aus Gliedern bestehende Stäbe.

Pinnularia peregrina, der obere ovale Körper.

Actiocyclus denarius, der in Sextanten getheilte Kreis am untern Rande.

Dictyochia Crux, der vierzackige radähnliche Körper auf der linken Seite.

Spongiolithis, einer Gewürznelke ähnlich, rechts oben.

In einem Mergelfels oder plastischen Thon bei Aegina in Griechenland kommen unter 97 marinen Kalkformen unter andern die hier dargestellten vor. Recht kenntlich sind:



Mergelfels aus Aegina.

Actinoptychus senarius, ein sechstheiliger Kreis in der obern Hälfte; gleich daneben zum Theil bedeckt:

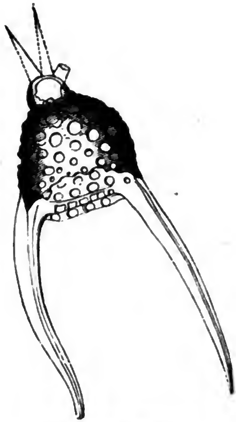
Rotalia, eine aus sieben ungleich großen runden Kammern bestehende Schale.

Amphitretas parallela, die vierseitige Scheibe mit kleinen Ringen am rechten Rande.

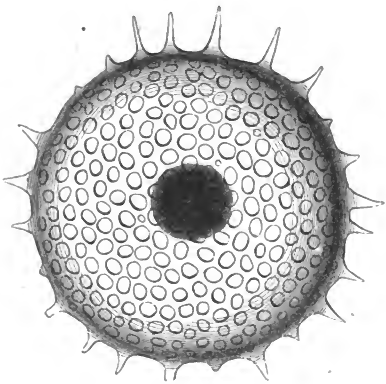
Conodiscus, der aus lauter kleinen Ringen bestehende, am Rande gefranste Kreis. Von

Lithornithium und Haliomna rühren die mit Ringen bedeckten Fragmente her;

ein paar vollständige Exemplare aus diesen Geschlechtern zeigen dagegen die beiden nachstehenden Abbildungen:



Lithornithium Hirundo.



Haliomna Sol.

A



Weißer Kalkfels des Antilibanon.

B

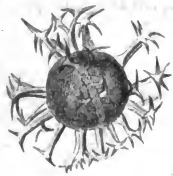


Kreide von Gravesend in England.

Ein der Kreideformation angehöriger weißer Kalkstein vom Antilibanon zeigte die vorstehend unter A abgebildeten Formen. Es sind Polythalamien, welche wie die Nummuliten aus gekammerten Schalen bestehen. Die größte dieser Schalen ist Grammostomum spetiosum, die übrigen sind meist Planulinen und Textillarien; im Ganzen hat man 43 Arten darin beobachtet.

Die echte weiße Kreide von Gravesend in England (s. vorst. Abbild. B) zeigt dagegen 60 mikroskopische Formen, darunter 51 Polythalamien. Textillaria und Rotalia herrschen vor, aber auch Planulinen, Bigenerien und stabförmige Coniorhaphis- und Coniostylis-Arten zeigen sich.

In den Feuersteinen dieser Kreide findet man sehr häufig die sonderbare nebenstehende Form des Xanthidium furcatum.


Xanthidium furcatum.

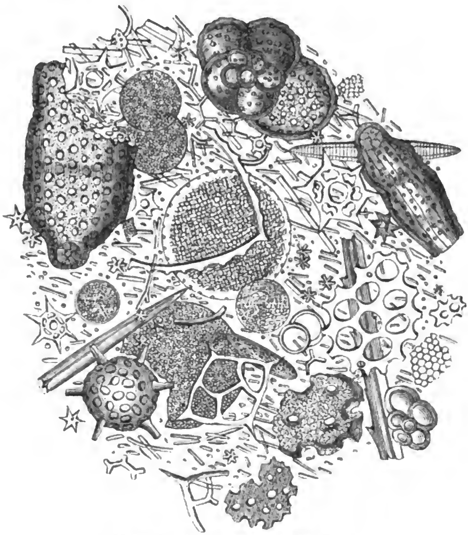
Ein weißes Mergelgestein von der Insel Barbados (Antillen) zeigte bei nur hundertfacher Vergrößerung folgende Formen:


Weißes Mergelgestein von der Insel Barbados.

Durch Nummern sind z. B. bezeichnet:

6) Lychnocanium Lucerna.
7) Lychnocanium falciferum.
17) Encyrtidium elegans.
19) Encyrtidium Mongolfieri.
20) Protocyrtis Mitra.
25) Dictyospyris triloba.
29) Flustrella concentrica.
30) Lithocyclia Ocellus.
47) Dictyocha Fibula.
48) Dictyolampra Stella u. s. w.

Ein ganz ähnlich zusammengesetztes Mergelgestein findet sich auf den Nikobaren (Asien), und beide erinnern sehr an den Kreidemergel von Caltanisetta auf Sicilien, von dem die nachfolgende Abbildung eine Probe liefert.



Mergelfels von Caltanisetta auf Sicilien.

Ehrenberg fand in demselben überhaupt 80 marine Formen, zum Beispiel:

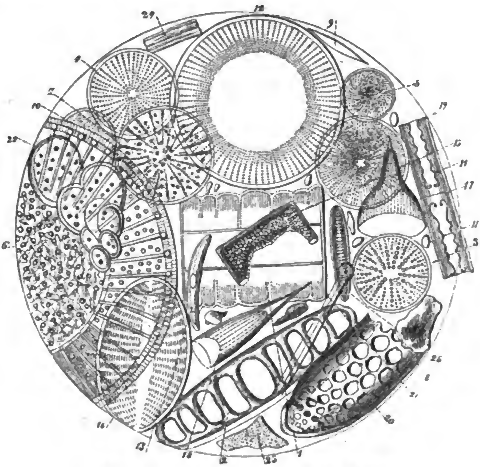
Coscinodiscus, die Kreise, welche aus kleinen Ringen bestehen.
Spongiolithis, einem Hirschgeweih ähnlich, in der Mitte.

Lithocampe Radicula, die beiden puppenförmigen Körper am Rande.

Dictyochia, vier= oder auch sechsstrahlige Räder.

Planulina, die große gekammerte Schale.

Es ist interessant, mit diesen marinen Gesteinsablagerungen sogleich eine Probe von den gegenwärtigen Schlammablagerungen auf dem Meeresgrunde zu vergleichen, aus welchen offenbar mit der Zeit ähnliche Gesteinsbildungen hervorgehen werden. Aus 1620 Fuß Tiefe in der Nähe des Südpols erhielt Ehrenberg unter andern folgende Formen:

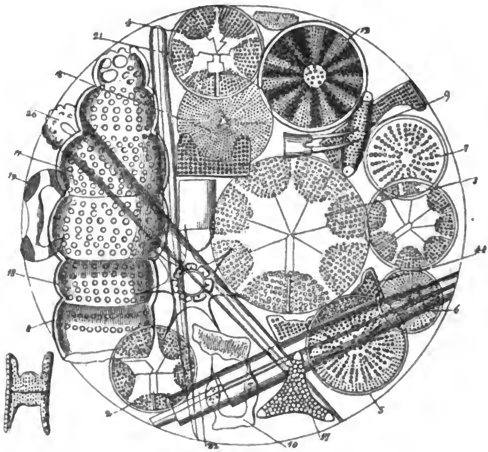


Probe des Meeresgrundes in der Nähe des Südpols.

1) u. 2) Anaulus scalaris.
3) Coscinodiscus gemmifer.
4) Coscinodiscus Apolinis.
5) Coscinodiscus subtilis.
6) u. 7) Discoplea Rola u. Rotula.
8) Fragilaria pinnulata.
9) Fragilaria Amphiceras.
10) Fragilaria biceps.
11) Fragilaria turgens.
12) Gallionella Sol.
13) Grammatophora curvata.
14) Grammatophora serpentina.
15) Hemiaulus antarcticus.
16) Rhaphoneis fasciolata.
17) Rhizosolemia Calyptra.
18) Rhizosolemia Ornithoglossa.

19) Symbolophora Pentas.
20) Eucyritidium.
21) Spongiolithis cenocephala.
22) Guttulina divergens.
23) Glimmerblättchen.

Sogar das Eis derselben Südpolargegenden umschließt ähnliche lebende Formen.



Im Eis der Südpolargegenden.

1) Asteromphalus Cuvieri.
2) Asteromphalus Hookeri.
3) Asteromphalus Humboldtii.
4) Asteromphalus Rosii.
5) Coscinodiscus actinochilus.
6) Coscinodiscus cingulatus.
7) Coscinodiscus Lunae.
8) Dictyocha septenaria.
9) Dicladia antenata.
10) Dicladia bulbosa.
11) Gallionella pileata.
12) Halionyx undenarius.
13—15) Hemiantus antarcticus.
16) Sympolophera Micretrias.
17) Triceratium Pileosus
18) Eurysthidium australe.
19) Amphidiscus brachiatus
20) Spongiolithis Clavus.
21) Spongiolithis Heteroconus.
22) Spongiolithis vaginatus.

Diese Organismen scheinen in den dünnern schwimmenden Eisschollen, dem „Pancake ice" (Pfannenkuchenseis), der Polargegenden zuweilen so häufig zu sein, daß sie ihm eine bräunliche

Färbung geben; doch herrschen am Nordpol andere Arten als am Südpol.

Von dem organischen Leben im Eis der Polargegenden, welches natürlich nur marine Formen zeigt, unterscheidet sich wieder sehr wesentlich das in den Schneeregionen der hohen Gebirge.



Das kleinste Leben in den Hochalpen.

Die hier dargestellte Gruppe stammt vom Monterosa 11,140 Fuß über dem Meere, es sind vollständige Thierleiber, nicht blos feste Schalen davon; im August 1851 eingesammelt, haben diese Formen, in trockner Erde aufbewahrt, im Mai 1853 durch Befeuchtung zum Theil wieder Leben gewonnen; es sind meist nur weiche Thierkörper aus den Geschlechtern Milnesium, Anguilluda, Macrobiotus Echiniscus und Callidina, nur hundertfach vergrößert. Viele dieser zum Theil im Firnschnee lebenden Thierchen erscheinen oft roth gefärbt, weil sie eine rothe Schneealge, Protococus, fressen, und so

tragen sie nächst jener Alge zur Färbung des rothen Firnschnees bei, der wohl zu unterscheiden ist von dem frisch gefallenen rothen Schnee.

Ganz im Gegensatz zu diesen eisigen Fundstätten hat Ehrenberg auch in den Aschenauswürfen der Vulkane organische Formen beobachtet. Die hier folgenden fielen mit der vulkanischen Asche eines Heklaausbruches am 2. September 1845 nieder; doch ist Bunsen der Meinung, die organischen Formen seien nur durch Sturmwinde beigemengt.



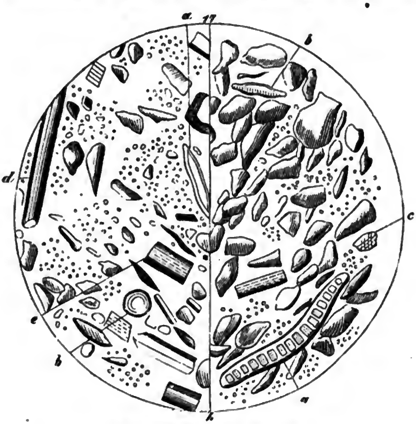
Aus vulkanischer Asche vom Ausbruch des Hekla.

Der obere Halbkreis zeigt Obsidiansplitter und kleine Krystalle einschließende vulkanische Glassplitter, kurzzellige Bimssteintheilchen, sowie einzelne Polygastern und Polythalarien. Im untern Halbkreis sind einzelne Formen dargestellt, die nicht beisammen liegend, sondern nur überhaupt in dieser Asche beobachtet wurden:

1) Navicula affinis.
2) Samen von Navicula.
3) Navicula constricta.
4) Achnauthes.
5) Pinnularia borealis.
6) Pinnularia stiliformis.

7) **Pinnularia pachyptera.**
8) **Pinnularia chilensis.**
9) **Pinnularia viridis.**
10) Samen von **Amphora.**
11) **Eunotia granulata.**
12) **Eunotia amphioxys.**
13) **Eunotia gibberula.**
14) **Eunotia Zebra.**
15) **Eunotia Gibba.**
16) **Eunotia Monodon.**
17) Samen von **Stauroneis.**
18) **Cocconeis borealis.**
19) **Gomphorema clavatum.**
20) **Gomphorema Augur.**
21) u. 22) **Tabellaria trinodis.**
23) **Fragillaria pinnata.**
24) **Gallionella distans.**
25) **Pinnularia mesogongylia.**
26) **Synedra lunaris.**
27) **Lithostylidium denticulatum.**
28) u. 29) Glassplitter zum Theil mit Krystallen.

Daß wirklich dergleichen kleine Formen durch Winde oft sehr weit fortgetragen werden, hat Ehrenberg selbst durch Untersuchung des Passatstaubes, Blutregens und frisch gefallenen rothen Schnees erwiesen. Durch den obern Passatwind werden staubartige Theilchen mit vielen sehr kleinen organischen Resten aus Südamerika über den Atlantischen Ocean herübertragen; hier fällt dieser Staub



Probe von Passatstaub aus Lyon.

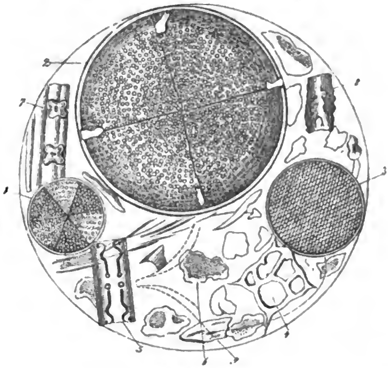
an den Küsten Afrikas als sogenanntes Dunkelmeer nieder, oder er wird theilweise durch Südwinde (Sirokko) nach Europa herübergeführt, um erst hier als meist röthlicher Staub, oft mit Regen oder Schnee zugleich, niederzufallen.

In diesem Passatstaube wurden überhaupt 150 verschiedene organische Formen erkannt, die großentheils entschieden südamerikanischer Abstammung sind. Unsere Abbildung zeigt namentlich folgende:

1) Bei Genua gefallen:
a) Eunotia amphioxys.
b) Gallionella distans.
c) Gallionella granulata.
d) Spongiolithis acicularis.
Wenig Sand, viel Kiesel- u. Thonmulm.

2) Bei Lyon gefallen:
a) Eunotia longirostris.
b) Eunotia amphioxys.
c) Gallionella procera.
Viel Quarz und Thonmulm.

Der Guano Perus und Afrikas, den man ebenfalls als eine durch organisches Leben bedingte Gesteinsbildung betrachten muß, da er ganz vorherrschend aus der massenhaften Anhäufung von Seevögel-Exkrementen besteht, enthält außerdem gleichfalls mikroskopische Thierformen. Die nebenstehende Figur, welche solche Formen aus dem Guano von Afrika darstellt, zeigt uns:

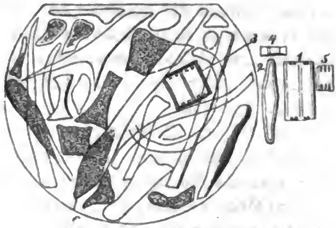


Aus dem Guano.

1) Actinoptychus biternatus.
2) Aulacodiscus Crux.
3) Coscinodiscus lineatus.
4) Dictyocha abnormis.
5) Grammatophora oceanica.
6) Lithodontium nasutum.
7) Lithostylidium Clepsammidium.
8) Lithostylidium rude.
9) Grüne Krystallfragmente.
10) Quarzsand.

Die folgende Figur endlich zeigt eine Probe der sogenannten Erdsahne, einer Erde, welche von den Tungusen bei Ochotsk gegessen wird. Sie enthält an mikroskopischen Organismen:

1) Gallionella crenata.
2) Navicula amphioxys.
3) Navicula dirhynchus.
4) Lithodontium nasutum.
5) Lithodontium sagitta.
6) Lithostylidium spinulosum, sowie Letten und Quarzsand.



Probe der Erdsahne.

Auch die meisten andern von gewissen Völkerstämmen, zum Theil sogar mit krankhafter Vorliebe gegessenen Erd- oder Thonarten sind reich an Infusorienresten, so daß es scheint, es seien diese eine Bedingung für die Genießbarkeit.

Schließlich muß ich hier noch bemerken, daß ein Theil der kieselartigen Formen, namentlich die sogenannten Bacillarien (Stabthierchen), welche Ehrenberg mit großer Entschiedenheit zu dem Thierreiche rechnet, von andern Beobachtern für Pflanzen erklärt werden. Für unsere Betrachtung ist der Unterschied dieser beiden entgegengesetzten Ansichten nicht sehr groß, es sind jedenfalls kleine organische Formen, die der Grenze zwischen Thier und Pflanze nahe stehen und wesentlich zur Bildung gewisser Gesteine beitragen.

Sehr großartig in seinen Resultaten ist auch der Steinbildungsproceß, welcher durch gewisse Zoophyten, die riffebauenden Korallen, ausgeübt wird. Zugleich ist dieser Vorgang mit so besonderen und interessanten Erscheinungen verbunden, daß ich nicht unterlassen will, etwas näher darauf einzugehen.

Gewisse Zoophyten, namentlich aus den Gattungen Millepora, Astraea, Meandria und Caryophylla, leben gesellig, dichtgedrängt neben einander, ja auf einander, und ihre kalkigen Gehäuse, die Korallen, bilden steinige Ueberzüge des Meeresbodens, sogenannte Korallenbänke oder Korallenriffe, welche durch diese Thiere aus einer mäßigen, 100 Fuß nicht viel übersteigenden Tiefe bis zu der Oberfläche des Meeres aufgebaut werden, und zwar, wie es scheint, meist in der Weise, daß in den verschiedenen Tiefen und Lokaliäten sich verschiedene Korallenarten entwickeln.

Diese riffebildenden Korallen sind gegenwärtig auf die Aequato-

rialzone, zwischen 32° nördlicher und 29° südlicher Breite, beschränkt, und bedürfen zu ihrem Gedeihen einen nicht tiefen, festen Boden, bewegtes und Nahrung zuführendes kalkhaltiges Meerwasser. Die Ablagerung schlammiger oder sandiger Niederschläge ist ihrem Leben durchaus hinderlich.

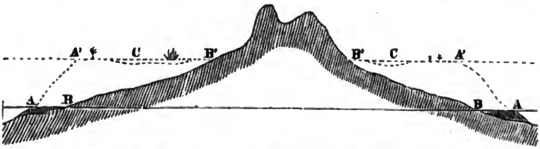
Aus früheren Schöpfungsperioden findet man Ueberreste ganz ähnlicher Korallenbauten, Korallenkalksteine, viel weiter gegen die Pole hin, als die jetzt lebenden reichen.

Im Großen Ocean, im Indischen Ocean und im Rothen Meere sind die Korallenriffe und -Inseln ganz besonders häufige Erscheinungen. Von keinem Naturforscher sind sie gründlicher untersucht und beschrieben worden, als von C. Darwin. Er unterscheidet: eng an die Küsten anschließende Riffe, die Küsten in einiger Entfernung parallel umgebende Riffe, und Koralleninseln (Ringinseln). Die ersteren sind nach ihm die natürlichen Anfänge der übrigen. Die Korallen beginnen ihren Bau stets nur an felsigen Meeresküsten, wo die äußeren Bedingungen ihnen günstig sind, und wo sie namentlich nicht durch einmündende Flüsse gestört werden.

Solche Küstenriffe findet man häufig im Rothen Meere, an der Ostküste Afrikas, an den Küsten Madagaskars, Sumatras, der Philippinen, Salomonsinseln, Hebriden und Antillen, und wahrscheinlich ist der flache Meeresboden oft auf große Strecken von ihnen überzogen. Ueberall aber, wo Flüsse in das Meer münden, oder andere Umstände den Korallenbau beeinträchtigen, sind diese Riffe durch offene Kanäle unterbrochen Werden nun solche Küstengegenden, an welchen die Zoophyten ihre steinigen Gehäuse angebaut haben, durch vulkanische Thätigkeit allmälig oder plötzlich gehoben, so kommen dadurch die Korallenbauten zum Theil oder ganz über den Wasserspiegel, die Thiere sterben, und man findet die angefangenen Riffe auf trockenem Lande, wie das in einzelnen Theilen der obengenannten Gegenden häufig der Fall ist. Sie liefern dadurch zugleich einen deutlichen Beweis für die Hebung großer Erdkrustentheile.

Ganz anders ist das Resultat, wenn Küstenstriche oder Inselgebiete, in welchen Korallenbauten erfolgen, einer langsamen Senkung unterworfen sind. Man beachte in der nachstehenden Figur zunächst nur die ausgezogenen, nicht die punktirten Linien. Es sei

da A B ein Korallenriff, welches eine hier im Querschnitt dargestellte Insel umgibt. Dasselbe reicht bis zu dem Meeresspiegel A B empor. Nachdem es aber ungefähr diese Höhe erreicht hat, sinkt die Insel



A A Aeußerer Rand des Riffs. B B Ufer der Insel. A' A' Aeußerer Rand des Riffs nach der Senkung und nach längerem Wachsthum. C C Lagunenkanal zwischen dem Riff und dem Ufer der neuen ringförmigen Insel. B' B' Die Ufer der innern Insel.

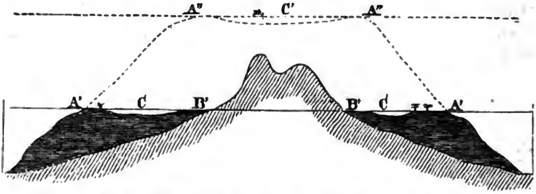
mit dem benachbarten Meeresboden so tief unter den Meeresspiegel, daß dieser nun bis zur punktirten Linie A′ B′ reicht; jetzt stellt also diese punktirte Linie A′ B′ den Meeresspiegel dar, und die Insel ist natürlich nun viel kleiner geworden. Vorausgesetzt, daß dieses Niedersinken nicht mehr auf einmal beträgt, als die Tiefe, in welcher solche Korallen noch zu leben vermögen, also nicht ganz 100 Fuß, so werden diese weiter bauen, ihr Riff nach oben fortsetzen. Auf diese Weise wird es den Korallen möglich, höher und bis zum neuen Meeresspiegel aufzubauen; da aber immer den äußeren Korallen durch die Brandung des Meeres mehr Nahrung zugeführt wird, als den inneren in der Nähe der Insel, so erhält das Riff dadurch die in der obigen Zeichnung punktirte Form; es wird dadurch aus einem eng anschließenden zu einem der Küste parallelen ringförmi-



Die Insel Bolabola in der Südsee.

gen Riff, zwischen welchem und der Insel das Meer oft so tief ist, daß große Schiffe durch einzelne Oeffnungen des koncentrischen Riffs eindringen und zwischen dem Riff und dem Lande ankern können. Bolabola in der Südsee ist z. B. eine solche Insel, welche von einem mit Palmen bewachsenen Korallenriff umgeben ist.

Wenn nun eine solche Insel mit ringförmig dieselbe umgebendem Korallenriff, deren Querschnitt durch die ausgezogenen Linien der nachstehenden Figur dargestellt wird, noch fortwährend nieder-



A"A" Aeußerer Rand des Korallenriffs. C C Der Lagunenkanal. B' B' Die Ufer der Insel, Aluviralland und Detritus des Lagunenkanals. A' A' Die äußeren Ränder der Ringinsel. C' Die Lagune des neugebildeten Atoll.

sinkt, so werden endlich die Meereswogen in dem punktirten Niveau A" über ihrem Felsengipfel zusammenschlagen, und wenn das Sinken langsam genug erfolgt, um den Korallen ein beständiges Nachwachsen zur Oberfläche zu gestatten, so wird aus der Felsinsel mit koncentrischem Riff endlich eine ringförmige Koralleninsel, ein flacher Landring (ein Atoll), ohne Berginsel in der Mitte, der eben nur



Whitesunday-Eiland, eine Koralleninsel.

über den Meeresspiegel emporragt und ein kreisförmiges Meeresbecken umschließt. Darwin hat als Beispiel hierfür die Whitesundayinsel abgebildet.

Ueber dem Felsengipfel ist hier ein kreisförmiges Wasserbecken entstanden, weil stets die äußeren Korallen, durch die Brandung begünstigt, schneller emporwachsen als die inneren, die, wenn das Becken ganz geschlossen ist, überhaupt nicht mehr nachwachsen können. Solche ringförmige oder kreisförmige Inseln, die nur eben den Meeresspiegel überragen, sowie einzelne von Parallelriffen umgebene Felsinseln, finden sich zu vielen Tausenden in gewissen Regionen des Stillen und des Indischen Oceans. Sie nehmen mit ihren Zwischenräumen außerordentlich große Flächenräume ein; sollten sie einmal später durch Wanderung der vulkanischen Thätigkeit mit ihrem Grunde über den Meeresspiegel erhoben werden, so müßten sie eine über Tausende von Quadratmeilen verbreitete, ziemlich gleichmäßige Korallenformation darstellen, deren einzelne isolirte Emporragungen man leicht für Ueberreste eines ursprünglich über den ganzen Flächenraum hin zusammenhängenden sehr mächtigen Lagers halten könnte, was sie jedoch nie waren. Vor solchem Irrthume werden wir uns demnach auch bei Beurtheilung vorweltlicher Korallenriffe zu hüten haben, deren Analogie mit den lebenden noch nicht hinreichend untersucht und gewürdigt worden ist.

Auf eine merkwürdige Weise greifen also bei der Bildung der Koralleninseln die Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit, Hebungen oder Senkungen, theils hindernd, theils befördernd in den Lebensproceß unscheinbarer kleiner Organismen ein, die dadurch, daß Milliarden von Individuen während Millionen von Jahren in demselben Sinne wirken, ein erstaunlich großes Resultat hervorbringen, ein so großes aber nur dann, wenn ihre Thätigkeit auf einem Gebiete stattfindet, welches einem langsamen Niedersinken unterworfen ist.

Der Ocean schont keineswegs die Korallenfelsen; die großen über das Riff zerstreuten und auf dem Ufer angehäuften Trümmer, zwischen denen die schönsten Kokosbäume wachsen, beweisen deutlich die unaufhörliche Gewalt seiner Wogen. Es ist unmöglich, diese Wellen zu sehen, sagt Darwin, ohne die Ueberzeugung zu gewinnen, daß jede Insel, möchte sie nun aus den härtesten Felsen, aus Porphyr, Granit oder Quarz bestehen, am Ende zerstört werden müßte. Und doch bestehen diese niedrigen unbedeutenden Koralleninseln und gehen siegreich aus dem Kampfe hervor — sie wachsen sogar; aber hier nimmt eine andere Kraft, als Gegensatz zu der

erstern, Antheil an dem Streite. Die organischen Kräfte scheiden die Atome des kohlensauren Kalks nacheinander aus den schäumenden Brechwogen und vereinigen sie zu einem organischen Bau. Mag der Sturm die Masse in tausend große Trümmer zerbrechen, was will das heißen gegen die Arbeit von Myriaden von Architekten, die Tag und Nacht, Jahr aus Jahr ein arbeiten! Ein weicher und gelatinöser Körper eines Polypen besiegt durch die Wirkung der Lebensgesetze die große mechanische Kraft der Wogen eines Oceans, denen weder die Kunst der Menschen, noch die leblosen Werke der Natur mit Erfolg widerstehen können.

Nur sehr unbedeutend erscheinen gegen die soeben besprochenen Gesteinsbildungen durch kleine Organismen die Anhäufungen von festen Theilen höher organisirter Thiere, welche zuweilen unter besondern Umständen wesentlich zu Gesteinsbildungen beitragen, so die Anhäufungen von Muschelschalen, von Knochen (zu Knochenbreccien), oder selbst von Exkrementen (zu Guano). Wahrscheinlich zwar, aber nicht erwiesen ist dagegen zur Zeit noch die Annahme, daß auch aller Bitumengehalt der Gesteine, der in einigen Kalksteinen und Mergeln ziemlich groß ist, von den Körpern organischer Wesen herrührt.

Alle die bisher aufgezählten Gesteinsbildungen kommen der festen Erde von außen zu, häufen sich an ihrer Oberfläche an, es sind insofern exogene Gesteinsbildungen; die meisten derselben erfolgen unter Vermittelung des Wassers, und aus diesem Grunde hat man sie neptunische genannt. Aber wo stammen die festen Bestandtheile derselben her? Das Wasser hat sie nicht ursprünglich enthalten, sie kommen der Erde nicht von außen, aus dem Weltraume zu, sondern sie sind früher bereits, nur in anderer Gestalt, im Erdkörper vorhanden gewesen. Sie sind insofern sämmtlich nur Umbildungen vorhandenen Materials, keine ursprünglichen Neubildungen von Gesteinen. Es läßt sich nachweisen, daß all ihr Material früher schon in ähnlichen oder in sehr abweichenden Gesteinen vorhanden war, und erst durch Auflösung oder mechanische Zerstörung zu einer solchen Umbildung befähigt wurde. Das ursprüngliche Material für alle Gesteinsbildungen (höchstens die Kohlen ausgenommen) ist, nach den früher über die Erdkrustenbildung entwickelten Ansichten, das Produkt der Erstarrung der heißflüssigen Erdmasse.

b. Metamorphische Gesteine.

Schon die meisten Gesteine, welche man noch deutlich als sedimentäre erkennt, befinden sich nicht mehr ganz in dem Zustande, in welchem sie ursprünglich entstanden sind, und in welchem man noch jetzt solche Gesteine entstehen sieht. Sie sind durch den Druck der darüberliegenden Massen, durch etwas höhere Temperatur im Erdinnern, oder auch durch langsame chemische Vorgänge in ihrem Innern etwas verändert, z. B. fester und härter geworden, oder schieferig u. s. w. Wahrscheinlich ist niemals sogleich ursprünglich ein fester Sandstein, ein echter Thonschiefer, oder ein fester dichter Kalkstein entstanden, sicher nie Braunkohle, Steinkohle oder Anthracit. Dieser Umwandlungsproceß der sedimentären Gesteine hat nun aber häufig einen solchen Grad der Veränderung hervorgebracht, daß man den ursprünglichen Zustand kaum noch oder durchaus nicht mehr erkennen kann, und in diesem Falle pflegt man eben die Gesteine metamorphische zu nennen. Die Anwendung dieses Wortes ist demnach einigermaßen von individuellen Ansichten abhängig, und so ist es denn auch sehr natürlich, daß die einzelnen Geologen darüber zuweilen verschiedener Ansicht sind, um so mehr, da manche Geologen der Gesteinsumwandlung nur eine viel beschränktere Ausdehnung zuerkennen als andere, und z. B. gewisse ganz krystallinische Gesteine, wie Gneiß, nicht für umgewandelte, sondern für auf andere Weise entstandene halten.

Da man den Vorgang solcher Umwandlungen nie beobachten kann, theils weil er nur tief im Erdinnern stattfindet, theils weil er wahrscheinlich bis zur Vollendung ungeheuere Zeiträume in Anspruch nahm, so sind dergleichen Zweifel kaum zu einer sichern Entscheidung zu bringen. Ich meinestheils rechne zu den metamorphischen Gesteinen die meisten der sogenannten krystallinischen Schiefer, wie z. B. Glimmerschiefer, Gneiß, Granulit, Chloritschiefer, Talkschiefer, Hornblendeschiefer, Quarzschiefer; ferner die untergeordneten Einlagerungen in denselben, wie körniger Kalkstein und Dolomit, Graphit, Magneteisenstein u. s. w.; gebe aber gern zu, daß z. B. mancher Gneiß, welcher keine untergeordneten Einlagerungen enthält, und der dem Granit sehr ähnlich ist, eigentlich zu den eruptiven Gesteinen gehören mag.

Die hier aufgezählten, besonders häufig vorkommenden Gesteine sind wesentlich wie folgt zusammengesetzt:

1) Glimmerschiefer besteht aus einem krystallinischen Aggregat von Glimmer und Quarz, zuweilen mit etwas Granat darin, oder auch mit noch andern sogenannten accessorischen Gemengtheilen, welche nicht wesentlich zu seiner Zusammensetzung gehören.

2) Gneiß besteht aus einem krystallinisch schieferigen Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer. Er ist ganz wie der Granit zusammengesetzt und unterscheidet sich von diesem wesentlich nur durch seine schieferige Textur. Auch er enthält oft accessorische Gemengtheile.

3) Granulit hat man ein dem Gneiß sehr ähnliches Gestein genannt, welches nur weniger Glimmer als dieser enthält (zuweilen gar keinen), und in welchem Feldspath und Quarz inniger mit einander verbunden sind. Er enthält oft etwas Granat oder auch Kyanit.

4) Chloritschiefer besteht vorherrschend aus Chlorit mit etwas Quarz; er enthält sehr oft accessorisch vielerlei Mineralien, z. B. Magneteisenerz.

5) Talkschiefer unterscheidet sich vom Chloritschiefer nur durch Auftreten des Talkes an der Stelle des Chlorits.

6) Hornblendeschiefer besteht vorherrschend aus Hornblende, gewöhnlich noch mit etwas Feldspath, oder Quarz, oder Glimmer, oder mit allen dreien gemengt.

7) Quarzschiefer besteht wesentlich nur aus Quarz, verdankt aber seine schieferige Textur zuweilen einer kleinen Beimengung von unter sich parallelen Glimmerblättchen, wodurch er dann in quarzreichen Glimmerschiefer übergehen kann.

Die Zusammensetzung von körnigem Kalkstein, Dolomit, Graphit und Magneteisenstein, welche häufig untergeordnete Einlagerungen zwischen krystallinischen Schiefergesteinen bilden, ist schon durch ihre Benennung angedeutet.

Die allerdings noch hypothetische Hauptursache für die Bildung der metamorphischen Gesteine, d. h. für die Krystallisation der Mineraltheile in den sedimentären Ablagerungen, haben wir bereits im ersten Abschnitt kennen gelernt.

c. Eruptivgesteine.

Zu diesen gehören nicht nur alle Laven der Vulkane, welche unter sich eine ziemlich ungleiche Zusammensetzung zeigen, sondern überhaupt alle Gesteine von ähnlicher Zusammensetzung wie die Laven, aus deren Lagerung man erkennen kann, daß sie mit einer gewissen Gewalt im weichen oder flüssigen Zustande aus der Tiefe, aus dem Erdinnern, nach der Oberfläche zu emporgedrängt worden sein müssen, indem sie dabei die Zerspaltungen der vorhandenen festen Erdkruste ausfüllten oder an der Oberfläche überflossen.

Während aber die Laven der jetzt thätigen Vulkane niemals Quarz als Gemengtheil enthalten, sondern als sogenannte Trachytlaven vorherrschend aus glasigem Feldspath, als Basaltlaven aus viel Augit mit Feldspath und Magneteisen, als Leuzitlaven aus Leuzit und etwas Augit bestehen, findet sich in vielen älteren Eruptivgesteinen, außerdem in den meisten vorherrschenden Feldspäthen, auch Quarz, Glimmer, Hornblende oder Augit im Gemenge. Alle diese Gesteine bilden aber unmerkliche Uebergänge in einander, und ihre Natur wie ihr Vorkommen sind so übereinstimmend, daß man nicht füglich an ihrer analogen Entstehungsweise zweifeln kann. Der faktische Unterschied dürfte wesentlich nur dadurch bedingt sein, daß die einen als wahre an der Erdoberfläche ausgeflossene Laven unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck, die andern vom Meere oder Gestein bedeckt, mehr oder weniger tief im Erdinnern, unter zum Theil sehr starkem Druck und weit langsamer erstarrten, und sich infolge davon krystallinischer entwickelten als jene. Man nennt darum die einen vulkanische, die andern plutonische Gesteine. Daß die letzteren, wo wir sie beobachten, stets ein höheres Alter verrathen als die vulkanischen, ist vielleicht nur eine Folge ihrer tief innerlichen Erstarrung, d. h. solche in der Tiefe erstarrte Gesteine können nur dann beobachtet werden, wenn ihre ursprüngliche Bedeckung zerstört und abgeschwemmt ist, wozu aber unter allen Umständen viel Zeit nöthig war, so daß also nur vor sehr langer Zeit erstarrte Gesteine der Art an der Oberfläche beobachtet werden können, während vielleicht noch jetzt ganz gleiche im Erdinnern entstehen, d. h. erstarren.

Allerdings bleibt es dabei auffallend, daß die plutonischen Gesteine zum Theil absolut mehr Kieselerde enthalten als

die vulkanischen. Es ist aber das doch nur ein relativer Unterschied, dessen Ursache noch nicht erklärt ist. Auch bei den Laven findet ein ähnlicher Unterschied statt, d. h. es lassen sich kieselarme, basaltische oder augitische, und kieselreiche, trachytische Laven unterscheiden, gerade so wie man selbst bei den ältesten plutonischen Gesteinen kieselarme (quarzfreie Grünsteine) und kieselreiche (quarzhaltige Granite u. dergl.) unterscheiden kann. Die kieselarmen vulkanischen Gesteine entsprechen den kieselarmen plutonischen, und ebenso die kieselreichen vulkanischen (die Trachyte) den plutonischen (den Graniten), nur daß die letzteren oft noch etwas mehr Kieselerde als die ersteren, und namentlich auch freien Quarz enthalten.

Betrachten wir die Entstehungsweise solcher Gesteine etwas näher.

Der Lavastrom, welcher sich aus dem Krater eines Vulkans über den Abhang eines Berges hin ergießt, bleibt nicht flüssig, sondern erstarrt, wird zu festem Gestein. Ebenso erstarrt auch sehr häufig die Lava in den inneren Zerspaltungen der Vulkane, in die sie sich eingezwängt hat. Nun ist aber nicht nur die chemische oder mineralogische Zusammensetzung der einzelnen Lavaergießungen unter sich etwas verschieden, sondern es wird auch noch die Textur der erstarrenden Masse ungleich, je nach den besondern Umständen, unter welchen die Abkühlung erfolgt. Wir wollen diese verschiedenen Ursachen und ihre Folgen etwas näher untersuchen, da sie zugleich einiges Licht auf die dunklere Entstehung der sogenannten plutonischen Gesteine werfen.

Die Laven des Aetna bestehen vorherrschend aus Gemengen von Pyroxen (Augit) mit etwas Feldspath (Labrador); in denen des Vesuv herrscht dagegen zuweilen der Feldspath vor, und der Pyroxen spielt eine untergeordnetere Rolle. In einigen älteren Laven dieses Berges (an der Somma) finden wir sogar an der Stelle des Feldspathes sehr viel Leuzit. Aus den genannten Mineralien sind nun aber vorherrschend die Laven aller Vulkane, nur unter etwas ungleichen Mengungsverhältnissen, zusammengesetzt. Man nennt dieselben je nach dem Vorherrschen des einen oder des andern Minerals Augitlava (auch wol Basaltlava oder Doleritlava), Feldspathlava (Trachytlava) oder Leuzitlava. Die Augitlaven sind kieselarme, die Feldspathlaven kieselreiche. Außer den genannten treten freilich zuweilen noch einige andere Mineralien

als untergeordnete oder accessorische Bestandtheile in denselben auf, so namentlich Magneteisenerz, welches wol nie ganz fehlt, Glimmer, Olivin, Hornblende u. s. w. Diese letzteren können aber als unwesentlich oder durch besondere Umstände entstanden betrachtet werden.

Woher rührt nun überhaupt die etwas ungleiche Zusammensetzung der Laven? Das ist natürlich eine Frage von großer Wichtigkeit, namentlich dann, wenn man mit den meisten Geologen annimmt, daß ihr gemeinsamer Ursprung das noch jetzt heißflüssige Erdinnere sei. Gelöst ist diese Frage zur Zeit noch durch keine der verschiedenen geologischen Hypothesen, aber möglich ist es wol, daß die Ungleichheit theils durch eine etwas ungleichförmige Zusammensetzung des flüssigen Erdinnern, theils durch auf dem Wege bei dem Empordringen aufgenommene Stoffe bedingt wird. Jedenfalls bleibt soviel feststehen, daß diese vorzugsweise aus Feldspath und Pyroxen gemengten Gesteine, die Laven, noch jetzt durch Erstarrung heißflüssiger Ergüsse aus dem Erdinnern entstehen, und die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung mit der vieler Meteorsteine scheint anzudeuten, daß dies überhaupt eine in unserm Planetensysteme vorherrschende Stoffverbindung sei, da die Meteorsteine als kleine selbständige Himmelskörper betrachtet werden müssen.

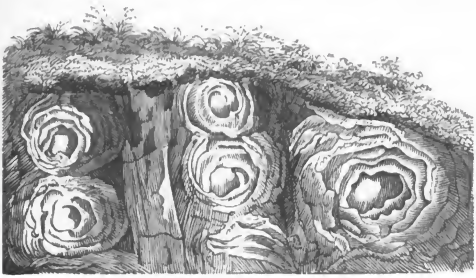
Die äußere Gestalt der Lavagesteine ist entweder die von Lavaströmen und Lavaanhäufungen in Vertiefungen, oder die von Spaltenausfüllungen, sogenannten Gängen im Innern der Berge. Ihre Textur ist sehr verschieden, je nach den Umständen, unter welchen sie fest werden. Jeder einzelne Lavastrom zeigt verschiedene Texturarten in seinen einzelnen Theilen, die äußere Kruste ist meistentheils schlackig, von vielen Blasenräumen durchzogen, gegen das Innere wird das Gestein, besonders bei mächtigen Lavamassen, immer dichter, weniger blasig, oft porphyrartig oder selbst krystallinisch-körnig. Porphyrartig nennt man, wie schon bemerkt, ein Gestein, bei welchem in einer dichten Hauptmasse einzelne Krystalle gewisser Mineralien hervortreten, während man krystallinisch-körnig die Gesteine nennt, welche durchaus Aggregate von erkennbaren krystallinischen Mineraltheilen bilden. Auch die dichten Gesteine sind zwar meist aus kystallinischen Theilen zusammengesetzt, aber dieselben sind in ihnen so klein, daß man sie mit unbewaffnetem Auge nicht zu unterscheiden vermag.



Säulenförmige Absonderung des Basalts in der Fingalshöhle auf Staffa.

Diese Texturunterschiede der Laven rühren nun höchst wahrscheinlich von der schnellern oder langsamern Abkühlung her. Je schneller dieselbe erfolgte, um so glasartiger und schlackiger wurde das Gestein, je langsamer, um so dichter, porphyrartiger, oder endlich krystallinischer. Man kann dieselben Unterschiede auch bei künstlich geschmolzenen Erdenverbindungen, z. B. bei den Schlacken mancher Hüttenprocesse, beobachten.

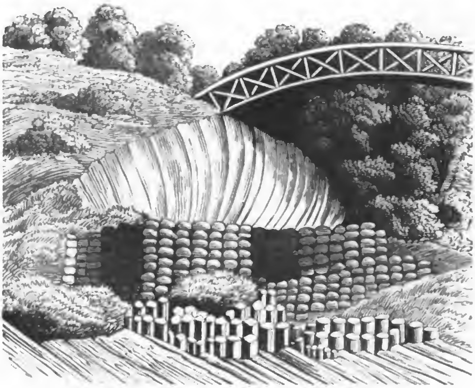
Dazu zeigen nun die Laven zuweilen auch besondere Formen der Absonderung, d. h. der Zerklüftung. Es ist dieselbe bei durch Abkühlung fest gewordenen Gesteinen überhaupt eine Folge der Volumenverminderung durch Wärmeverlust. Diese Volumenverminderung äußert sich bei allen großen Massen durch eine innere Zerspaltung, da die einzelnen Theile zu entfernt von einander liegen, um sich alle nach irgend einem gemeinsamen Punkte hin koncentriren zu können. Jeder einzelne abgesonderte Theil der ganzen Gesteinsmasse ist für sich etwas kleiner geworden. Diese Absonderung ist nun zwar in den meisten Fällen eine ganz unregelmäßig massige, sodaß Klüfte nach allen möglichen Richtungen hin das Gestein durchziehen, zuweilen aber auch eine regelmäßige, derart, daß alle Absonderungsklüfte bestimmten Richtungen folgen. Sind sie nur einander parallel, so entsteht plattenförmige Absonderung, der Schichtung der Sedimentärgesteine sehr ähnlich; durchschneiden sie



Koncentrisch schalige Porphyrkugeln bei Teplitz.

sich aber in einer Hauptrichtung unter gewissen Winkeln, indem sie gleichsam lauter einzelne Achsen umgeben, so bilden sie säulenförmige Absonderung (s. d. Abbild. auf nebenstehender Seite). Durchschneiden

sie sich vorherrschend in drei Richtungen, die ziemlich rechtwinkelig aufeinanderstehen, so bilden sie eine kubische Absonderung, oder, wenn schiefwinkelig, eine parallelepipedische. Oft sind sie auch unregelmäßig gekrümmt, es entsteht dadurch eine knollige Absonderung, oder sie theilen das Gestein in lauter koncentrisch schalige Kugeln (s. die Abbildung auf vorhergehender Seite). Mehrere dieser Ab-



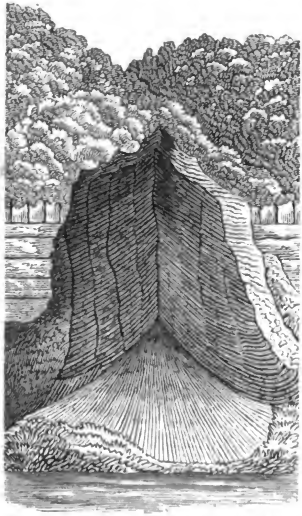
Die Käsgrotte bei Bertrich in der Eifel.

sonderungsformen kommen auch wol mit einander kombinirt vor, so besonders die kugelige und säulenförmige, in welchem Falle dann alle Säulen aus lauter einzelnen Kugeln bestehen, so z. B. der basaltische Lavastrom im Thale bei Bertrich in der Eifel (siehe die vorstehende Abbildung), oder die Säulen sind in regelmäßige Glieder getheilt, die manchmal an den Kanten zackig ineinandergreifen oder beim Auseinandernehmen gleichsam in einander eingelenkte Kugelflächen und Hohlkugeln zeigen, wie nebenstehende Abbildung zeigt.



Absonderung des Basalts auf der Insel Staffa.

Man kann bei einigen dieser Absonderungsformen bestimmte gesetzmäßige Stellungen beobachten: so stehen z. B. die Säulen in der Regel rechtwinkelig auf den größten oder wirksamsten Erkaltungsflächen, bei ziemlich horizontal geflossenen Lavaströmen daher senkrecht, in senkrechten Spaltenausfüllungen dagegen horizontal, und wo das nicht der Fall ist, scheint stets eine Störung der ursprünglichen Verhältnisse stattgefunden zu haben, wie sich das denn manchmal sehr deutlich nachweisen läßt, so z. B. an dem schönen Basaltfelsen Werregotsch bei Aussig in Böhmen, der die in unsere Figur dargestellten Absonderungsverhältnisse zeigt. Hier hat offenbar noch nach der Zerspaltung des mächtigen Basaltganges in Säulen, die ursprünglich rechtwinkelig auf beiden Spaltenwänden standen, eine Bewegung der innern Masse nach oben stattgefunden, während die äußeren Theile durch Reibung davon zurückgehalten wurden. Dadurch erklärt sich die eigenthümlich federförmige Stellung dieser Basaltsäulen.

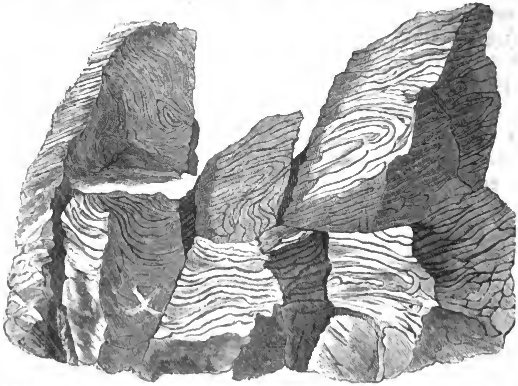


Der Werregotsch, ein säulenförmiger Basaltgang in Sandstein, welcher oberhalb Aussig als Felsen in das Elbthal hervortritt.

Eine andere interessante Kombination zweier Absonderungsformen zeigt sich zuweilen an Porphyren, die säulenförmig und zugleich gewunden schalig abgesondert sind, so daß dadurch die Säulen ein damascirtes Ansehen erhalten (s. die Abbildung auf folgender Seite).

Auch die Blasenbildung in den vulkanischen Gesteinen verdient noch unsere besondere Beachtung. Blasenräume entstehen durch Entwickelung von Gasarten im Innern eines noch weichen Gesteins, die nicht Zeit finden, vor seiner Erhärtung ganz daraus zu

entweichen. Gut ausgebackenes Schwarzbrot zeigt uns dieselbe Erscheinung. Zuweilen sind Gesteine dadurch gänzlich porös geworden, wie Bimsstein, zuweilen sind die Blasen nur einzeln ver-

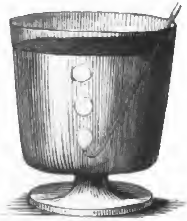


Säulen- und schalenförmig abgesonderter Porphyr auf dem Wagenberge bei Weinheim.

theilt. Es ist leicht begreiflich, daß schnelle Abkühlung die Fixirung der Blasen befördert, während dieselben bei sehr langsamer Abkühlung Zeit finden zu entweichen, und dies ist offenbar der Grund, warum die Lavaströme in ihrem Innern gewöhnlich nicht so blasig sind, als an ihrer Oberfläche, wo die Abkühlung am schnellsten erfolgte.

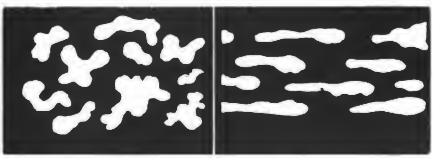
Es ist eine Eigenschaft aller Luftblasen, sich kugelförmig zu gestalten, wenn nicht äußere Einwirkungen diese Form modificiren. Solche äußere Einwirknngen sind nun aber in erstarrenden Gesteinen ihre ungleiche Dichtigkeit, der Widerstand, den sie den aufsteigenden Blasen entgegensetzen, die Bewegung der noch weichen Gesteine selbst und der Druck von außen, den sie erleiden. Durch diese Umstände werden mancherlei regelmäßige und unregelmäßige Gestalten der Blasenräume bedingt. Wenn die Gasentwickelung im Innern eines ruhigen zähflüssigen Gesteins von einzelnen Punkten ausgeht, so erheben sich über denselben die Blasen ballonförmig oder birnförmig, indem die Gasentwickelung von der untern Spitze ausgeht und die Blase eine Zeit lang daran haften bleibt. Man

kann dasselbe in jedem dickflüssigen Syrup beobachten, wenn man durch ein Haarröhrchen hineinbläst; wo die Luft aus dem feinen Röhrchen langsam ausströmt, bildet sich ein Ballon, der mit seiner untern Spitze so lange am Röhrchen haftet, bis er groß genug ist, um sich loszureißen; reißt sich aber der kleine Ballon aufsteigend von der Entwickelungsstelle los, so zieht er sogleich die Spitze an sich, rundet sich zur Kugel ab, oder erhält sogar durch den von unten etwas stärker wirkenden Druck der zähen Flüssigkeit eine kleine Abplattung.



Künstliche Blasenbildung.

Durch Erstarrung der Flüssigkeit in irgend einem dieser Zeiträume der Blasenbildung wird nun auch eine verschiedene Form fixirt. Bewegt sich aber ein zähflüssiges Gestein, wie z. B. ein Lavastrom, während der Blasenentwickelung und bis zu seiner Erstarrung, so werden dadurch alle Blasenräume je nach der Art der Bewegung unregelmäßig verzerrt (siehe die nächste Figur), oder nach einer Richtung (der Bewegungsrichtung) in die Länge ausgestreckt.

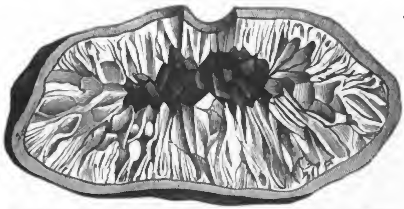


Unregelmäßige Blasenräume. Langgestreckte Blasenräume.

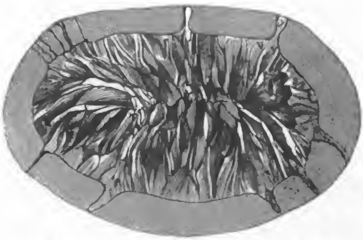
Bei sehr alten Laven, und noch häufiger bei den älteren Eruptivgesteinen mit dichter Grundmasse, findet man die Blasenräume häufig angefüllt mit Chalcedon, Achat, Kalkspath, Zeolith u. dergl. Solche Gesteine nennt man dann wegen der Aehnlichkeit der meist weißen Mineralkerne mit Mandeln in Backwerken, Mandelsteine, ihre Textur aber mandelsteinartig.

Es kann kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die Ausfüllung dieser Blasenräume durch einen sehr langsamen Sekretions- und Infiltrationsproceß erfolgt. Sehr interessant sind dabei oft die

Formen der Ausfüllung. Zuweilen ist der ganze Hohlraum mit einerlei Mineralsubstanz krystallinisch ausgefüllt, oder es umschließt eine einfache äußere Lage einen innern krystallinischen Kern, wie in nachstehenden zwei Figuren; zuweilen aber unterscheidet man einzelne Lagen



Durchgeschnittene Achatmandel mit ausgefülltem Infiltrationskanal.



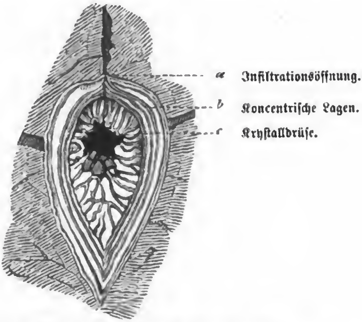
Durchgeschlagene Achatmandel mit offenem Infiltrationskanal.

von etwas ungleicher Beschaffenheit, welche entweder wagerecht übereinander liegen, wie nachstehende Figur zeigt, oder koncentrisch einander

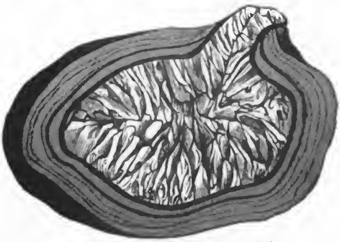


Ein mit horizontalen Lagen erfüllter Blasenraum.

einschließen, dann aber meistentheils an einer Stelle, der sogenannten Infiltrationsöffnung, einander durchdringen. Endlich kommen beide



Koncentrische Form der Ausfüllung der Blasenräume.



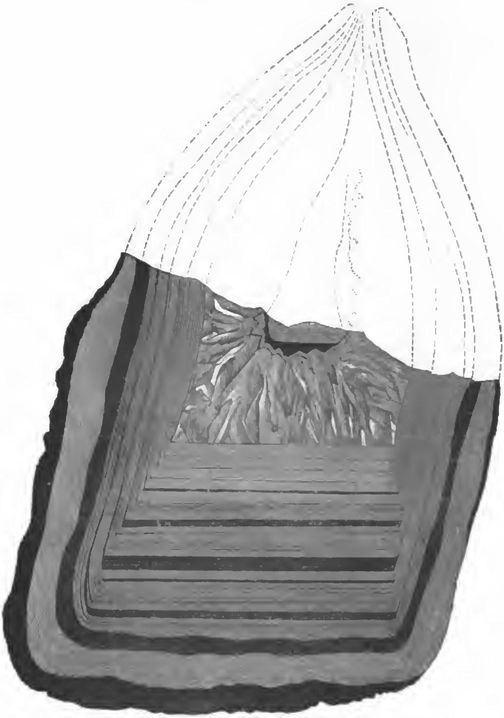
Durchgeschnittene Achatmandel.



Durchgeschnittene Achatmandel.

Formen der Ausfüllung mit einander kombinirt vor, die horizontale und koncentrische (s. nachstehende Fig. a, und auf Seite 171 Fig. b). Außerdem kommen in den Blasenräumen der Gesteine nicht selten auch Stalaktiten und Stalagmitenbildungen vor, welche, wie Eiszapfen oder wie Tropfsteine in Höhlen, sich von oben herab und zum Theil auch von unten hinauf gebildet haben, wie nachfolgende

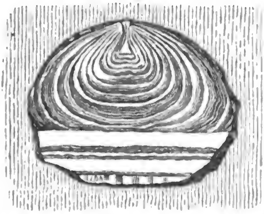
a



Durchgeschnittene Achatmandel aus Uruguay mit horizontalen dickeren und koncentrischen Lagen.

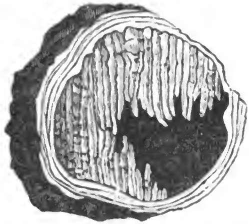
Figur c zeigt. Alle diese Bildungen setzen für ihre Entstehung ungemein große Zeiträume voraus.

b



Theils horizontale, theilsnc [sic] concentrische Form der Ausfüllung der Blasenräume.

c

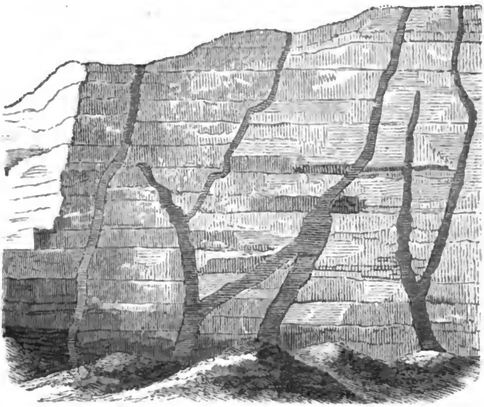


Stalaktitische Form der Ausfüllung der Blasenräume.

Die an Vulkanen noch jetzt durch Erstarrung heißflüssiger Auspressungen entstehenden Gesteine, die Laven, zeigen nun, wie schon bemerkt, eine unverkennbare Analogie mit allen älteren sogenannten plutonischen Eruptivgesteinen, die man auch mit den Benennungen krystallinische Massengesteine oder abnorme Gesteine zu bezeichnen pflegt. Nicht nur die äußeren Formen des Auftretens und der Lagerung sind analog, sondern auch die Absonderungsverhältnisse, die Texturverhältnisse und sogar ihre mineralogische Zusammensetzung, obwol dieselben kleine Unterschiede darbieten, die indessen nicht größer sind als die Unterschiede dieser einzelnen Gesteine (Granit, Syenit, Grünstein, Porphyr, Basalt u. s. w.) oder der einzelnen noch jetzt entstehenden Laven untereinander.

Die großen zusammenhängend ausgedehnten Gebiete, in denen sich oft die plutonischen Eruptivgesteine und namentlich der Granit vorfinden, wiederholen sich allerdings bei den neuen Laven nicht, die doch immer nur in einzelnen Strömen, ausgebreiteten Ueberströmungen oder Gängen (Spaltenausfüllungen) aufzutreten pflegen; deutliche Lavaströme bilden dagegen jene plutonischen Gesteine niemals. Dieser Unterschied ist aber auch bei vorausgesetzt gleichartiger Entstehung ganz natürlich und nothwendig, wenn man eben annimmt, daß die einen in der Tiefe, die andern an der Oberfläche erstarrt sind, und daraus ihre kleinen Verschiedenheiten erklärt. Die in der Tiefe erstarrten können nicht übergeflossene

Ströme bilden, und die an der Oberfläche oder nahe derselben fest gewordenen können nicht als Kernmassen ganzer Gebirge auftreten, wie die Granite. In einer Art des Vorkommens, welche von ihrer Entstehungsweise abhängt und eine Folge derselben ist, stimmen sie aber beide vollständig überein, darin nämlich, daß sie sehr oft Zerspaltungen in andern Gesteinen ausfüllen, sogenannte Gänge bilden, denen man deutlich ansieht, daß sie beim Eindringen die Spalten gewaltsam erweitert, und dabei oft Fragmente von den Spaltenwänden losgerissen, umhüllt und verändert haben. Die zunächst folgenden drei Holzschnitte mögen dazu dienen, diese Uebereinstimmung des Vorkommens zu versinnlichen; sie stellen alle drei Spaltenausfüllungen durch mehr oder weniger plutonische und vulkanische Eruptivgesteine dar, wie sie in Wirklichkeit ganz ungemein häufig gefunden werden.

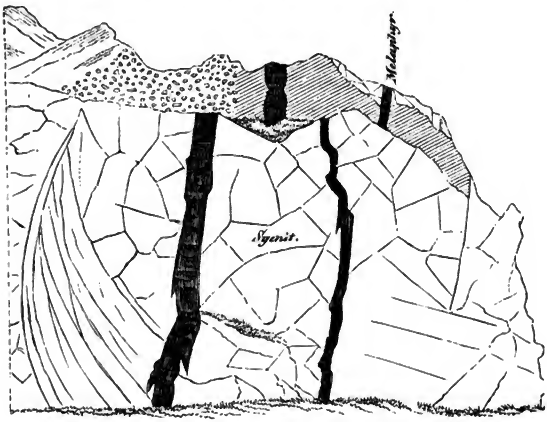


Lavagänge in Lava- und Schlackenschichten an der Somma.

Hier durchsetzen mehrfach verzweigte, einige Fuß mächtige Lavagänge die vorher über einander geschichteten Lavaströme und Schlackenlagen, welche den steilen Absturz der Somma am Vesuv bilden.

Neben der Königsmühle im Plauenschen Grunde bei Dresden

wird Syenit von zwei sehr deutlichen Gängen eines schwarzen augitischen Gesteins durchsetzt, welches gewöhnlich als Melaphyr bezeichnet wird. Diese ein bis drei Fuß mächtigen Gänge bilden kleine Seitenausläufer, umschließen einige Syenitfragmente und sind undeutlich säulenförmig abgesondert, derart, daß die Säulen horizontal liegen. Im oberen Theile des Steinbruches sind sie durch eine spätere Spalte verworfen, d. h. nach einer Seite verschoben, und die Spuren dieser Verschiebung erkennt man auch

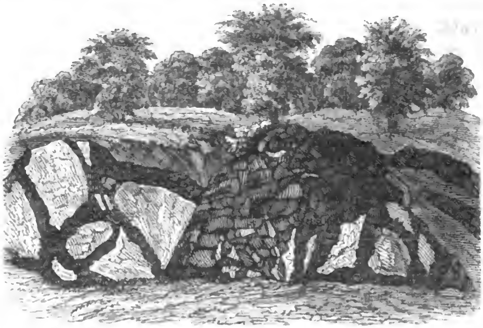


Melaphyrgänge im Syenit des Plauenschen Grundes.

außerdem deutlich an einer glatten, schräg gestreiften Reibungsfläche dieser Spaltenwand, während die Spalte selbst von einer Breccie erfüllt ist, die aus Melaphyrmasse mit sehr vielen Syenitstücken besteht; von dieser Breccie hängen an der linken Seite noch deutliche Reste an der Spaltenwand, welche rechts die Streifung zeigt.

Der Holzschnitt auf umstehender Seite stellt feinkörnige Granitgänge dar, welche am Schloßberg bei Heidelberg den grobkörnigen Granit, der den Berg bildet, vielfach durchsetzen, sich verzweigen und vereinigen, und an manchen Stellen breccienartig eine Menge Fragmente des ältern Granites umschließen.

Die Masse der plutonischen Gesteine pflegt um so krystallinischer entwickelt zu sein, je größere Gebiete sie bilden, und es wurde bereits oben angedeutet, daß dies wahrscheinlich eine Folge besonders langsamer Abkühlung so großer Massen ist.



Granitgänge im Granit bei Heidelberg.

Zur bessern Vergleichung der mineralogischen Zusammensetzung sowol der älteren plutonischen als der neueren vulkanischen Eruptivgesteine will ich die allgemeinsten mineralogischen Charaktere der wichtigsten, d. h. verbreitetsten unter ihnen, hier mittheilen.

Granit ist ein krystallinisch-körniges Gemenge aus Feldspath, Glimmer und Quarz; gesellt sich dazu Hornblende, während Quarz und Glimmer theilweise oder ganz verschwinden, so nennt man das Gestein Syenit; besteht in diesem letztern Gemenge der Feldspath aus einer bestimmten Art (aus Tetartin), so ist es Diorit, dessen dichte und schieferige Varietäten (die Aphanite) sich nicht füglich von denen des Diabas unterscheiden lassen, in welchem die Hornblende durch Augit vertreten und der Feldspath, Labrador oder Oligoklas ist, weshalb man beide letztere Gesteine mit ihren dichten schieferigen, porphyrartigen, blasigen oder mandelsteinartigen Varietäten, da sie gewöhnlich eine dunkelgrüne Färbung zeigen, sehr häufig unter dem gemeinsamen Namen Grünsteine zusammenzufassen pflegt. Diese Grünsteine sind außerordentlich ähnlich den Melaphyren, Doleriten und Basalten, in welchen Pyroxen als Gemengtheil vorherrscht, verbunden mit Labrador, Olivin und

Magneteisenerz, oder mit Nephelin. Die Dolerite und Basalte aber treten geradezu schon als Laven auf.

Verschwindet in dem Granit die durchaus krystallinisch-körnige Textur und macht einer ganz porphyrartigen Platz, indem in dichter, hauptsächlich felsitischer Grundmasse einzelne Krystalle von Feldspath und Quarz auftreten, so nennt man das Gestein Quarzporphyr, und werden die Quarzkrystalle durch Glimmer ersetzt: Glimmerporphyr, durch Hornblende: Hornblendeporphyr. Diese Porphyre gehen unmerklich über in Trachyt, in welchem statt des gemeinen Feldspathes oder Orthoklases ein glasiger Feldspath (Sanidin) vorherrscht, und manche feldspathreiche Laven thätiger Vulkane sind geradezu als Trachyte zu bezeichnen. So gehen also alle diese Gesteine nicht nur in einander, sondern auch in diejenigen Varietäten über, welche als wirkliche Laven bekannt sind, was offenbar schon vom rein mineralogischen Standpunkte aus auf eine analoge Entstehung aller schließen läßt.

Viele der durch besondere Namen unterschiedenen Gesteine, von denen ich hier nur einige als Beispiele anführte, sind durchaus nur Texturvarietäten, und man kann wol behaupten, daß eigentlich zu jeder durchaus krystallinischen Mineralverbindung, wie Granit, Syenit, Dolerit, auch einige porphyrartige und eine dichte, sowie häufig auch eine schieferige, blasige oder mandelsteinartige gehört, welche alle aber zuweilen durch besondere Namen als ganz besondere Gesteine unterschieden werden. So nennt man z. B. ein Gemenge von Labrador und Augit mit etwas Magneteisenerz und Olivin, wenn es körnig ist, Dolerit, wenn es dicht ist dagegen Basalt. Aus dem Allen ergibt sich, wie ich schon einmal bemerkt habe, daß für die Gesteine als solche, d. h. als Mineralaggregate, durchaus kein System möglich ist, sie bilden keine Arten (species), sondern nur ziemlich konstante Gemenge von Mineralspecies oder Mineralindividuen. Ein Gestein ist für den Mineralogen beinahe dasselbe, was für den Botaniker eine Wiese, ein Wald oder ein Fruchtfeld ist, d. h. ein Zusammenvorkommen von Individuen einer oder mehrerer vorherrschenden Arten, mit denen zuweilen noch einige als unwesentlich wie die Kornblumen in einem Kornfelde verbunden sind.

Keinem Botaniker wird es einfallen, diese natürlichen Pflanzengesellschaften (Nadelwälder, Laubwälder, Torfmoore, Wiesen u. s. w.)

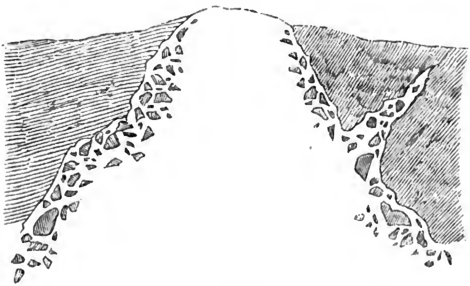
in der Art systematisch anordnen zu wollen, wie die Pflanzenarten, aus denen sie bestehen. Aehnlich aber ist das Unternehmen, wenn man versucht, die Gesteine in ein wissenschaftlich begründetes System zu ordnen. Nur für Sammlungen oder zum Zweck bequemerer Uebersicht kann es erlaubt sein, sie nach bestimmten Principien zu ordnen, ohne daß man je die Ansprüche eines Systems an solche Anordnung machen dürfte. Was aber in dieser Beziehung für die krystallinischen Massengesteine gilt, gilt gerade so und fast noch mehr für die neptunisch oder organisch gebildeten Schichtgesteine, und für die krystallinischen Schiefer oder metamorphischen Gesteine.

Bei Alledem bleibt es aber doch sehr merkwürdig, daß gewisse Gesteine oder Mineralverbindungen sich in allen bis jetzt bekannten Erdgegenden in ganz ähnlicher Zusammensetzung und unter ganz analogen Verhältnissen des Vorkommens wiederholen, durchaus unabhängig von der geographischen Breite oder Länge, oder von klimatischen Verhältnissen, so z. B. Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Quarzporphyr, Diorit, Basalt, Trachyt, Kalkstein, Dolomit, Thonschiefer u. s. w. Es ist das eben wol eine Folge der für die ganze Erde gemeinsamen Bildungs- und Umbildungsvorgänge der festen Kruste.

Zu den wichtigsten Unterschieden einiger plutonischen Gesteine von den vulkanischen gehört ihr Quarzgehalt, sowie außerdem das darin Auftreten gewisser, zum Theil sogar etwas wasserhaltiger Varietäten von Feldspath, Glimmer, Talk und Hornblende, die nach Ansicht der Chemiker in ihrer gegenwärtigen Verbindung nicht füglich aus einer heißflüssigen Lösung auskrystallisirt sein können. Dennoch bleibt aber die Analogie ihrer formalen und Lagerungsverhältnisse, sowie der vollständige Uebergang bis zu den noch jetzt erkaltenden Laven, eine ganz unleugbare Thatsache. Wie nun diese Widersprüche lösen? — Einige der Ungleichheiten lassen sich durch den hohen Druck und die äußerst langsame Erkaltung erklären, welche nothwendige Folgen tief unterirdischer Erstarrung sein mußten; für andere aber reicht dieser Umstand nach den bisherigen Erfahrungen über die Wirkungen des Druckes und langsamer Abkühlung durchaus noch nicht hin.

Da hat sich nun durch die neueren Forschungen von Blum, Haidinger und Bischof ergeben, daß im Mineralreich außerordentlich

viele Umwandlungen (Metamorphosen) stattfinden. Durch lange dauernde Einwirkung von Wasser, welches gewisse Bestandtheile auflöst, während es andere, die es bereits früher aufgelöst hat, dafür wieder absetzt, wird eine große Zahl von Mineralien beständig in andere verwandelt. Es ist ein besonderes Verdienst G. Bischof's, dieses nachgewiesen zu haben, obwol er dadurch schwerlich zu richtigen Folgerungen geleitet worden ist, wenn er fast alle Gesteine für ursprüngliche Wasserbildungen und Umbildungen erklärt. Mir scheint aus den Thatsachen nur hervorzugehen, daß die mineralogische Zusammensetzung der älteren oder plutonischen Eruptivgesteine möglicherweise ursprünglich (bei ihrer Bildung) der der neuen, vulkanischen (der Laven) noch weit ähnlicher gewesen sei, als das jetzt der Fall ist, und daß mit Beibehaltung der formalen und Lagerungsverhältnisse eben nur die mineralogische Zusammensetzung dieser Gesteine zuweilen eine etwas andere geworden ist. Das schließt jedoch gar nicht aus, daß sie schon ursprünglich auch etwas verschieden gewesen sein können; durch ungleiche Tiefe ihres Ursprungs sowol als ihres Erstarrens, und zwar letzteres in einer Zeit, als die Totalmasse der Erde wahrscheinlich noch wärmer war als jetzt, folglich auch jede lokale Abkühlung langsamer erfolgen mußte.



Reibungsbreccie. Eruptivgestein. Reibungsbreccie.

Alle Eruptivgesteine haben an den Grenzen der von ihnen durchbrochenen, mögen diese nun sedimentäre, metamorphische oder

selbst eruptive sein, häufig Bruchstücke derselben aufgenommen, und dadurch zuweilen förmliche Breccien gebildet, welche man in diesem Falle Reibungsbreccien zu nennen pflegt, oder auch Reibungskonglomerate, wenn die Ecken und Kanten der Fragmente dabei abgerundet wurden. Die vorstehende Skizze stellt das Vorkommen solcher Reibungsbreccien dar.

Dagegen haben die Eruptivgesteine viel seltener die Lagerungsverhältnisse der von ihnen durchbrochenen Gesteine in einiger Ausdehnung gestört und verändert, als man früher gewöhnlich anzunehmen pflegte. Bedeutende Störungen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse, Schichtenbiegungen, Aufrichtungen und Verwerfungen beobachtet man viel häufiger in solchen Gebirgsgegenden, wo zwar Erhebungen und Senkungen, aber keine Durchbrüche von Eruptivgesteinen stattfanden, als da, wo diese erfolgten. Sehr auffallend ist das in den Alpen.

Von den besondern Lagerstätten, d. h. den nur lokal und mit beschränktem Volumen auftretenden Gesteinsbildungen, wird im achten und neunten Abschnitt weiter die Rede sein.

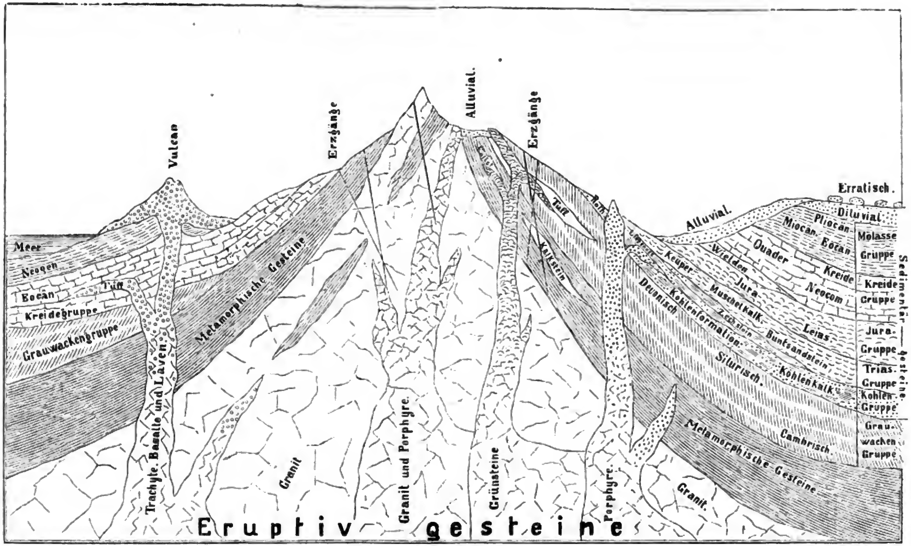
VI.

Architektur der festen Erdkruste.

Idealer Durchschnitt. — Uebereinanderlagerung der einzelnen Flötzformationen. — Alluvionen. — Diluvialgebilde. — Pliocänformation. — Miocänformation. — Eocänformation. — Kreideformation. — Quaderformation. — Neocomien. — Wielden. — Jura. — Leias. — Keuper. — Muschelkalk. — Buntsandstein. — Zechstein. — Rothliegendes. — Kohlenformation. — Kohlenkalkstein. — Grauwacke. — Vorherrschen der Meeresablagerungen.

Die umstehende Skizze soll ein ganz ideales Bild von dem innern Bau der festen Erdkruste gewähren, d. h. wenn dieselbe irgendwo senkrecht durchschnitten und die Schnittfläche der Beobachtung frei gelegt werden könnte, so würde sie, wenn die Ansichten der Geologen richtig sind, ungefähr ein solches Ineinandergreifen der einzelnen Gesteinbildungen zeigen. Es ist jedoch diese Skizze nicht nur ideal, sondern auch schematisch, d. h. es sind die Resultate vieler einzelner über große Flächenräume ausgedehnter Beobachtungen auf einen kleinen Raum zusammengedrängt, und die ungemeine Mannigfaltigkeit der wirklichen Erscheinungen ist auf die einfachste ideale Grundform reducirt. Es würde demnach in Wirklichkeit kein einzelner Querschnitt der Erdkruste diesem Bilde sehr ähneln; sondern nur, wenn man viele mit einander vergleichen könnte, dann würde das mittlere Resultat ein unserm Bilde ähnliches sein, und auch das ist nur Vermuthung. Jedenfalls bietet eine solche bildliche Darstellung die leichteste Form dar, um die Ansichten der Geologen über den Bau der festen Erdkruste anschaulich zu machen.

Dieses wegen seiner geringen Größe höchst unvollkommene Bild bedarf jedoch noch einiger Erläuterung und Ausführung. Die



Idealer Querschnitt eines Theiles der festen Erdkruste.

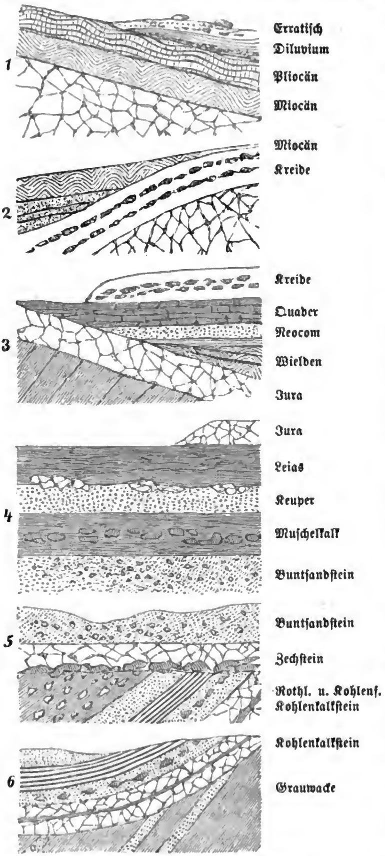
drei wichtigsten Gesteinsgruppen: Sedimentärgesteine, metamorphische Gesteine und Eruptivgesteine, haben wir bereits im vorigen Abschnitte kennen gelernt. Die krystallinischen Schiefer (oder metamorphischen Gesteine), mögen sie nun entstanden sein wie sie wollen, bilden, als älteste, den Ausgangspunkt zweier Bildungsreihen. Nach außen haben sich die Sedimentärgesteine als immer neuere Flötzformationen darauf abgelagert, nach innen sind immer neue Gesteinskrusten darunter erstarrt; das Material für die Erstarrung, das heißflüssige Erdinnere, ist aber gleichzeitig durch Zerspaltungen der Schiefer- und Schichtgesteine oft bis zur Oberfläche emporgedrungen. Auf diese Art sind die Eruptivgesteine oder krystallinischen Massengesteine entstanden, welche bei diesem Empordringen, wenn auch nicht gerade in ihrer unmittelbaren Nähe, mancherlei Störungen in der ursprünglichen Lagerung der durchbrochenen Gesteine hervorbrachten, und häufig die Veranlassung von äußeren Gebirgserhebungen wurden. — Ueber die metamorphischen und eruptiven Gesteine dürften hier keine weiteren Bemerkungen nöthig sein, wol aber über die Schichtgesteine, die sich äußerst mannigfach gegliedert zeigen, und bei denen sich am sichersten das relative Alter ihrer Ablagerung ermitteln läßt.

Man hat die gesammte Reihe derselben in gewisse natürliche Abtheilungen, Gruppen und Formationen gebracht, deren jede als das Resultat der Ablagerung in einem Zeitraume anzusehen ist, in welchem sich die äußeren Verhältnisse nicht, oder nur wenig veränderten, sodaß also diese Formationen gleichsam Zeitabschnitte der Erdgeschichte repräsentiren.

Zu Werner's Zeit glaubte man, diese Schichtablagerungen hätten bei ihrer Bildung gleichsam koncentrische Schalen um den ganzen Erdkörper gebildet, die nur später theilweise wieder zerstört worden wären.

Diese Idee hat sich als unrichtig erwiesen, vielmehr scheint es, daß zwar vielleicht die Wasserbedeckung in den älteren Erdperioden eine allgemeinere gewesen sei, als jetzt, weil noch nicht so mannigfache Erhebungen von Land stattgefunden hatten, daß aber dennoch Ablagerungen auf dem Meeresboden zu keiner Zeit gleichzeitig überall erfolgten, sondern immer nur in gewissen kleineren oder größeren Meeresbecken auf einmal, wie das auch jetzt der Fall ist. Noch weniger waren die gleichzeitigen Ablagerungen überall ganz

gleicher Art, obwol allerdings ihre Mannigfaltigkeit mit der Zeit, mit der komplicirtern Entwickelung der Erdoberflächengestaltung, etwas zugenommen haben mag.

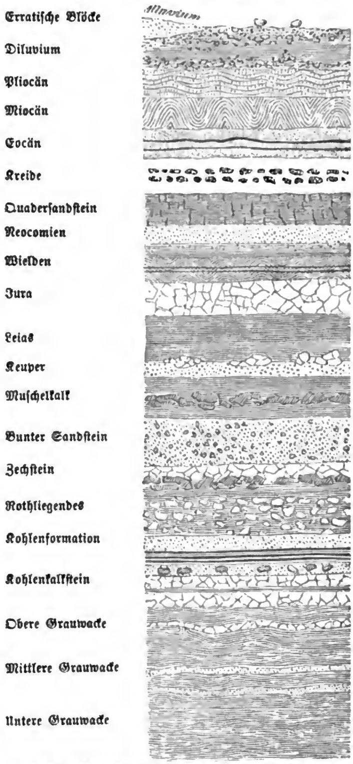


Einzelne Beobachtungen der Schichtfolgen.

Die geographische Vertheilung von Meer und Land hat aber durch Wirkung der vulkanischen Thätigkeit im Laufe der Zeiten vielfach gewechselt, und so ist es gekommen, daß Ablagerungen aus dem Meere bald hier, bald da erfolgten, bald so, bald anders begrenzt waren. Diese frühere periodische Vertheilung von Wasser und Land läßt sich zum Theil noch jetzt erkennen aus der Vertheilung der einzelnen Flötzformationen; doch ist diese Erkennung oft sehr schwierig, weil die ursprünglichen Grenzen der Ablagerungen einzelner Perioden häufig bedeckt oder wieder zerstört sind.

Unter diesen Umständen kann man natürlich nicht erwarten, daß irgendwo auf der Erde eine vollständige

Uebereinanderfolge aller überhaupt gebildeten, oder auch nur bekannten Flötzformationen zu finden wäre. Eine solche vollständige Reihe findet sich in der That nirgends, gewöhnlich liegen in jedem Lande nur einige solche Formationen unmittelbar übereinander, und ihre Gesammtreihe hat man erst durch die Vergleichung sehr vieler Gegenden so weit ergänzen können, als man sie überhaupt bis jetzt kennt. Dabei versteht es sich ganz von selbst, daß auch eine solche ideal ergänzte Reihe, welche gleichsam aus dem Zusammenschieben verschiedener Einzelgegenden hervorgeht, für jeden Bildungszeitabschnitt immer nur einen lokalen Charakter der Ablagerungen ausdrücken kann, während in andern Gegenden gleichzeitig ganz andere Gesteine und unter andern Umständen abgelagert worden sind. Erkennt man eine solche Gleichzeitigkeit verschiedener Formationen, so nennt man dieselben in Rücksicht auf ihre gegenseitigen Beziehungen oder zu einer Normalreihe: **Parallelformationen** oder **Aequivalente**, während man den etwas ungleichen Charakter derselben Formation an verschiedenen Stellen mit dem Aus-



Ideale Zusammenziehung der einzelnen Schichten.

druck Facies bezeichnet, und so z. B. pelagische Facies, Küstenfacies, Korallenfacies, Strömungsfacies u. s. w. unterscheidet.

Aus den am besten bekannten Ablagerungen hat man sich eine Art von Normalreihe der Formationen nach ihrem Alter konstruirt, in welcher natürlich die europäischen Ablagerungen die Hauptrolle spielen, während die außereuropäischen dann zum Theil als Parallelbildungen oder Aequivalente zu bezeichnen sind, zum Theil ihnen aber auch sehr gleichen.

Die Art und Weise, in welcher man die ideale Normalreihe bildete und vervollständigte, wird sich vielleicht am besten durch die vorstehenden Holzschnitte versinnlichen lassen, in welchen allerdings die Abzeichnungen für die Formationen sehr willkürlich gewählt sind, und durchaus keinen weitern Zweck haben, als den: die einzelnen Abtheilungen in den gegenüber gestellten Bildern danach wieder erkennen zu können.

Nehmen wir an, daß die sechs auf Seite 182 dargestellten Lagerungsverhältnisse in ebenso viel verschiedenen Gegenden, jedes für sich, beobachtet und festgestellt worden sind, so läßt sich durch eine ganz einfache Kombination, mit Hülfe der an je zwei Orten übereinstimmenden Ablagerungen, eine ideale Gesammtreihe wie S. 183 konstruiren. Man ist dadurch aber allerdings noch nicht sicher, daß nicht in irgend einer bis dahin noch nicht untersuchten Gegend zwischen zwei Ablagerungen, die bis dahin für unmittelbar auf einander folgend gehalten wurden, noch eine neue entdeckt wird, die einen zeitlichen Zwischenraum ausfüllt. Nur wo auch die organischen Reste eine ganz allmälige Entwickelung des Einen aus dem Andern erkennen lassen, braucht man nicht mehr an eine solche Möglichkeit zu denken; wo aber das der Fall ist, da werden auch alle scharfen sogenannten Formationsgrenzen fehlen, denn plötzliche Umgestaltungen alles Vorhandenen wird es in der Erdgeschichte wol ebenso wenig gegeben haben, als in der Menschengeschichte.

Ursprünglich erkannte man die regelmäßige, in mäßig großen Gebieten überall ganz gleichartig sich wiederholende Reihenfolge der Ablagerungen nur aus der Uebereinstimmung der Gesteine. Diese bleiben sich aber stets nur in beschränkter Ausdehnung ganz gleich. Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts ist aber dazu ein neues, weit wichtigeres Kriterium gekommen, das sind die organischen Reste, die Versteinerungen. Sie zeigen in den verschiedenen

auf einander folgenden Formationen ungleiche Formen, in den einzelnen Formationen aber nach ihrer geographischen Verbreitung eine sehr große Gleichmäßigkeit, eine weit größere als die Gesteine, wenn auch nicht eine vollkommene, für die ganze Erdoberfläche gültige. Man kann deshalb aus der Art der Versteinerungen oft mit großer Sicherheit die gleichzeitige Entstehung, das größere oder geringere Alter von Ablagerungen erkennen, welche sich in großen Entfernungen von einander vorfinden, auch wenn sie von sehr verschiedener mineralogischer Zusammensetzung sind, und in gar keiner unmittelbaren Berührung mit einander stehen, vielleicht sogar durch den Ocean getrennt sind. Ja, der allgemeine Charakter dieser fossilen Organismen der älteren Perioden ist sogar über die ganze Erde hinweg ein ziemlich übereinstimmender, und es lassen sich darum die Ablagerungsresultate gewisser größerer Zeitabtheilungen — die Formationsgruppen — in den meisten bis jetzt näher bekannten Welttheilen nachweisen und als im Allgemeinen gleichzeitige Bildungen erkennen. Man darf bei solchen Parelleliſirungen durch organische Reste nur nie außer Acht lassen, daß wol zu allen Zeiten nicht blos Meer, sondern auch schon Süßwasser vorhanden war, und daß die Ablagerungen, welche Ueberreste von Land- oder Süßwassergeschöpfen enthalten, sich nothwendig von den gleichzeitigen rein marinen Ablagerungen durch ihre Versteinerungen unterscheiden müssen. Hiernach unterscheidet man gleichzeitige Meer- und Süßwasserablagerungen. Aber auch unter den Meerbewohnern bestehen gewisse Unterschiede, indem etwas andere Arten tief im Innern des Meeres, an felsigen, sandigen oder schlammigen Küsten zu leben pflegen, wonach man in den einzelnen marinen Flötzformationen sogenannte Facies (pelagische, felsige, sandige, schlammige u. s. w.) zu unterscheiden pflegt, indem man damit die sowol mineralogisch, als besonders auch durch ihre organischen Reste etwas verschiedenen gleichzeitigen Ablagerungen eines und desselben Meeresbeckens in seinen einzelnen Theilen bezeichnet.

Die einzelnen Flötzformationen, welche man bis jetzt besonders in Europa unterschieden hat, sind nun von oben nach unten folgende, wobei ich zugleich einige wenige, aber nur ganz flüchtige Bemerkungen über dieselben anfüge, und die Abbildungen

einiger charakteristischer darin vorkommender Versteinerungen hinzufüge:

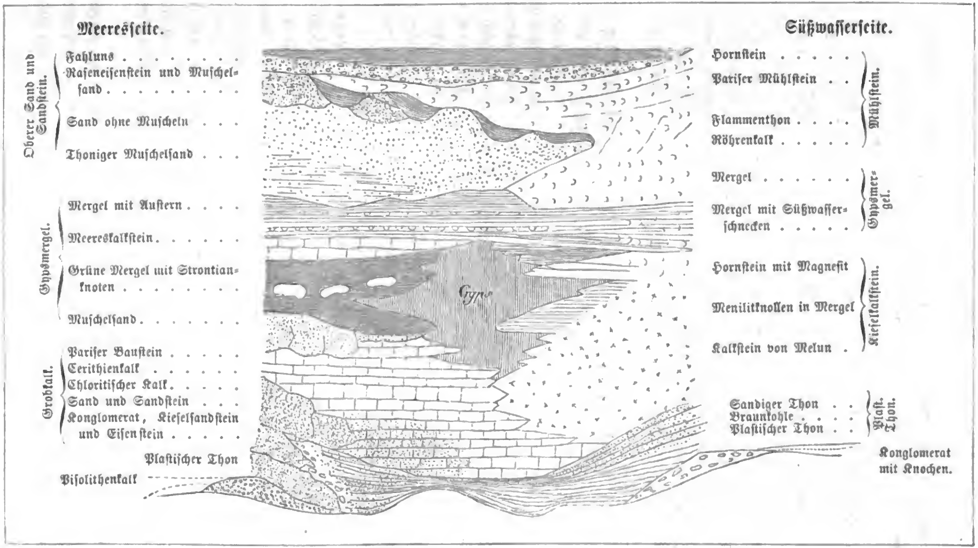
Alluvionen oder recente Bildungen, d. h. noch fortdauernde Ablagerungen aus dem Meere und aus süßen Gewässern, mögen sie nun ganz mechanisch erfolgen, oder durch chemischen Niederschlag, oder durch Anhäufungen von Organismen. Sie enthalten nur Ueberreste von noch lebenden Thier- und Pflanzenarten. Beispiele sind die Deltabildungen der Flüsse, die Küstenanschwemmungen des Meeres, die Ablagerungen der Quellen, die Torfmoore, Infusorienanhäufungen und Korallenbänke. Ihnen entsprechen chronologisch die Lavaergießungen und die Tuffbildungen, welche von den gegenwärtig thätigen Vulkanen herrühren.

Diluvialgebilde. Dahin gehören der größte Theil jener weit transportirten erratischen Felsblöcke (in Deutschland „nordische Geschiebe" genannt) und die unter dem Namen Loß bekannten Lehmablagerungen, sowie die meisten lockeren Sand- und Kieslager Norddeutschlands. Organische Ueberreste sind verhältnißmäßig selten darin zu finden, unter ihnen herrschen die noch lebenden Arten durchaus vor, doch finden sich besonders unter den Säugethierresten auch schon viele von ausgestorbenen Arten herrührend.

Tertiärgebilde, auch Molassegruppe genannt. Sie unterscheiden sich von allen noch älteren Formationen dadurch, daß in ihnen, selbst in ihren untersten Gliedern, einige noch jetzt lebende Thierformen vorgefunden werden, während das bei jenen nicht der Fall ist. Nach dem Verhältniß der lebenden und ausgestorbenen Arten von Meereskonchylien unterscheidet man sie als Pliocän, Miocän und Eocän.

Pliocänformationen. Ablagerungen aus dem Meere oder aus süßen Gewässern, in welchen ungefähr $^2/_3$ noch lebende Arten von Meeresthieren mit $^1/_3$ ausgestorbenen zusammen vorkommen. Dahin gehören z. B. viele Süßwasserkalksteine und die aus Mergel- und Sandschichten bestehende sogenannte Subapenninenformation in Oberitalien. Auch manche Braunkohlen scheinen dazu zu gehören.

Miocänformationen. Ablagerungen mit $^1/_3$ bis $^4/_5$ ausgestorbener Meeresthierarten. Der größere Theil der alpinischen Molassebildungen (Sandstein- und Nagelfluhe) werden hierzu gerechnet, die Tegelbildungen im Wiener Becken, die vielerlei Ter-



Idealer Querschnitt des Pariser Beckens.

tiärschichten im Mainzer Becken, der Septarienthon und viele Braunkohlenlagerungen Norddeutschlands.

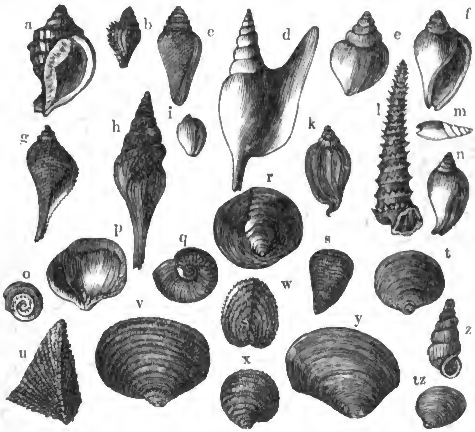
Eocänformationen. Dies sind Ablagerungen mit meist ausgestorbenen und nur etwa noch 1/5 oder weniger lebenden Arten; alle sogenannten Nummulitengesteine, welche sich in den Umgebungen des Mittelländischen Meeres besonders häufig finden, die Grobkalk- und Thonbildungen des Pariser, Londoner und Belgischen Beckens, und auch manche Braunkohlenablagerungen gehören hierher. Von hier an abwärts hören alle lebenden Arten auf, die Versteinerungen rühren sämmtlich von ausgestorbenen Thieren und Pflanzen her. Die Meeresablagerungen herrschen dann durchaus vor, und sie zeigen oft eine sehr konstante Zusammensetzung über große Flächenräume.

Das sogenannte Pariser Becken (s. die Figur auf vorhergehender Seite) enthält eine sehr charakteristische Reihenfolge von meist eocänen tertiären Schichten, welche von zwei Seiten herein etwas ungleich beschaffen sind. Const. Prevost hat von dieser Lagerung den hier abgebildeten idealen Querschnitt entworfen, in welchem wieder alle Schichten in horizontaler Richtung gleichsam zusammengeschoben sind, und zwar in dem Grade, daß die einzelnen über den sehr großen Flächenraum des Pariser Beckens zerstreut vorkommenden Ablagerungen an einer Stelle über einander gezeichnet sind, wodurch natürlich eine große Verzerrung der Formen entstehen mußte.

Besonders bemerkenswerth ist dabei, daß in diesem großen Becken auf der einen Seite die versteinerten Ueberreste von Land- und Süßwasserorganismen gefunden werden, während die Ablagerungen überhaupt vorherrschend mariner Natur sind und Meereskonchylien enthalten. Es scheint dieses Gebiet eine flache Meeresbucht gebildet zu haben, in welche von einer Seite her große Flüsse einmündeten, und so jene einseitige Entwickelung der Ablagerungen bedingten. Die mittlere Region dieser Schichten enthält unter mehr als 1500 verschiedenen Arten von Meeresmollusken z. B. die im nachstehenden Holzschnitt abgebildeten.

Während man die Pliocän-, Miocän- und Eocänformationen sehr oft als Tertiärbildungen (oder Molassegruppe im weitern Sinne) bezeichnet, werden die darunter folgenden Schichten bis zur

Kohlenformation häufig Sekundärformationen genannt und folgendergestalt in Gruppen und Formationen eingetheilt.



Versteinerungen aus dem Pariser Becken:

a Cassidaria carinata, *b* Strombus ornatus, *c* Conus diversiformis, *d* Rostelaria columbella, *e* Ampullaria acuminata, *f* Buccinum stromboides, *g* Pyrula nexilis, *h* Pleurotoma transversaria, *i* Marginella ovulata, *k* Harpa mutica, *l* Cerithium tricarinatum, *m* Oliva nitidula, *n* Fusus bulbiformis, *o* Bifrontia laudinensis, *p* Cyrena depressa, *q* Natica cepacea, *r* Neretina conoidea, *s* Pileopsis cornucopiae, *t* Lucina concentrica; *u* Cardium aviculare, *v* Corbis tumida, *w* Venericardia coravium, *x* Chama lamellosa, *y* Cyrena depressa, *z* Cyclostoma mumia, *tz* Venus turgidula.

Kreidegruppe. Einzelne Glieder derselben sind in sehr großer Verbreitung, fast in allen Erdtheilen bekannt, man pflegt sie in drei Hauptabtheilungen: Kreide, Quader und Neocom, zu sondern. Ich lasse hier zunächst einige Formen von Meeresthieren (s. die auf umstehender Seite befindliche Figur) folgen, welche für die ganze Gruppe charakteristisch sind.

Kreideformation. Die weiße Kreide in England, Frankreich und Dänemark ist das am meisten charakteristische Glied dieser Formation; sie enthält in ihrer obern Abtheilung sehr viel

Feuersteine, als organische Reste aber außerordentlich viele Meeresmuscheln, unter denen Austern, Pectiniten, Inoceramen, Terebrateln, Hippuriten, Ammoniten, Skaphiten, Bakuliten und Hamiten



Versteinerungen der Kreidegruppe:

a Hippurites bioculata, *b* Cidaris clavigera, *c* Terebratula lacunosa, *d* Scaphites, *e* Ammonites, *f* Crioceras, *g* Turrilites.

besonders charakteristisch sind; auch Echiniten sind ungemein häufig. Doch ist es zu genauerer Unterscheidung nöthig, die einzelnen Arten zu kennen, da dieselben Gattungen auch in den beiden nächstfolgenden Formationen vorherrschen.

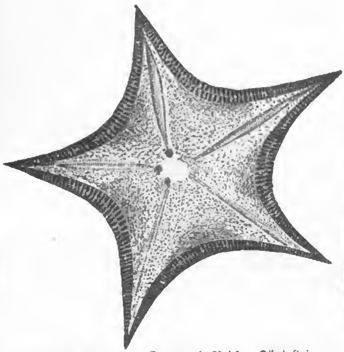
Quader- oder Quadersandsteinformation. Dazu gehören z. B. die Sandsteine der sächsischen Schweiz; viele ähnliche Sandstein- und Mergelbildungen in Westfalen und Belgien, der obere Grünsandstein (Greensand) Englands und Frankreichs, und gewisse sehr mächtige Ablagerungen der Schweizeralpen, z. B. die sogenannte Gosauformation. Eine sehr abweichende Parallelbildung davon findet sich bei Rußberg im Banat, und enthält dort Steinkohlenlager mit vielen Landpflanzenresten. Die Versteinerungen unterscheiden sich, wie gesagt, nur wenig von denen der Kreideformation; ich lasse aber hier nach v. Gutbier die Abbildungen einiger besonders charakteristischer aus dem Quadersandsteingebiet der sächsischen Schweiz folgen.



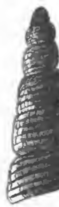
Serpula gordialis. v. Schlotheim. Bannewitz.



Pecten ..... (Steinkern). Königstein.



Asterias Schulzii. Cotta und Reich. Königstein.

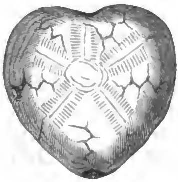


Turritella granulata. Sowerby. Tyssa.

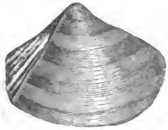
Die hier abgebildete Serpula gordialis bildet zuweilen ganze Nester und Schichten zwischen dem Sandstein, so bei Bannewitz unweit Dresden. Auch die Turritella granulata ist an manchen Stellen ungemein häufig, dagegen gehört der schöne Seestern Asterias Schulzii schon zu den Seltenheiten, die indessen doch für die Formation charakteristisch sind.

Der Seite 192 zuoberst abgebildete Seeigel Spatangus cor anguinum ist namentlich in den kalkigen und mergeligen Plänerschichten, welche eine mittlere Stelle im Quadersandstein einnehmen, ganz ungemein häufig, so bei Weinböhla unweit Meißen.

Terebratula plicatilis findet sich im Sandstein wie im Pläner fast überall; Protocardia Hillana (oder Cardium Hillanum) im obern



Spatangus cor anguinum. Lamark. (Seeigel.)



Protocardia Hillana. Sowerby. Tyssa. Königstein.



Terebratula plicatilis. Sowerby. Königstein.



Pinna diluviana. v. Schlotheim. Königstein.

Quadersandstein bei Tyssa ungemein häufig, Pinna diluviana kommt dagegen schon etwas seltener und besonders im Sandstein vor.



Spondylus spinosus. Sowerby. Plänerkalk. Strehlen.

Der hier dargestellte Spondylus spinosus ist wieder eine wahre Leitmuschel für die Plänerschichten, welche die mittlere Abtheilung des Quadersandsteins bilden.

Neocomformation. Dieselbe schließt sich innig an den Quadersandstein an. Sie ist in Westfalen unter dem Namen Hilsgebilde (Hilsthon und Hilssandstein) bekannt, während man sie zuerst in der Schweiz bei Neuenburg unterscheiden lernte, wo sie vorherrschend aus Mergeln und Kalksteinen besteht. In England entspricht ihr der untere Greensand, in den Schweizer Alpen der sogenannte Spatangenkalk und Schiefer. Die Ver-

steinerungen unterscheiden sich nur in einzelnen Arten von denen der Quaderformation.

Juragruppe. Sie besteht aus den drei Formationen: Wielden, Jura und Leias (Lias), und wird in den beiden unteren z. B. durch die Reste folgender Meeresthiere charakterisirt.



Versteinerungen der Juragruppe:

a Hippopodium ponderosum, *b* Cucullaea elongata, *c* Cryphaea incurva, *d* Pachyodon Listeri, *e* Gervillia, *f* Spirifer verrucosus, *g* Plagiostoma giganteum, *h* Trigonia navis, *i* Pleurotomaria anglica, *k* Ammonites colabratus, *l* Ammonites Amaltheus, *m* Cariophyllia annularis, *n* Nautilus decussatus, *o* Terebratula subserrata, *p* Apiocrinites rotundus.

Wieldenformation. Sie ward zuerst in England aufgefunden und Waelden genannt; dort besteht sie vorherrschend aus Thon und Kalkstein. Später hat man sie auch in den Weserketten

(am Deister und Osterwald) sehr mächtig und verbreitet erkannt, wo Sandsteine (Deistersandstein) vorherrschen mit Thon, Mergel, Kalkstein und vielen bauwürdigen Kohleneinlagerungen. Die Wieldenformation enthält vorherrschend Süßwasser- und Landorganismen, und deutet somit eine temporäre Unterbrechung der Meeresbedeckung in den Gegenden an, wo sie sich findet.

Juraformation. Man kennt sie sehr mächtig entwickelt und aus vielen einzelnen Abtheilungen bestehend in Deutschland, England, Frankreich und der Schweiz. Dem Juragebirge, welches vorherrschend aus ihr zusammengesetzt ist, verdankt sie ihren Namen. — Die obere Hälfte derselben besteht in diesen Gegenden hauptsächlich aus hellfarbigen Kalksteinen und Dolomiten, während in der untern braune Thone, Sandsteine und Rogensteine vorherrschen. Man pflegt deshalb weißen und braunen Jura zu unterscheiden; der letztere enthält reiche Eisensteinlager an der Schwäbischen Alp. Die vielen Versteinerungen der Juraformation rühren meist von Meeresorganismen her. Ammoniten, Belemniten, Terebrateln, Austern, Trigonien, Pholadomyen, Zoophyten, Krebse, Fische und Saurier herrschen vor, aber lauter andere Arten als in der Kreidegruppe.

Leiasformation (auch schwarzer Jura genannt). Sie wurde in England zuerst als selbständig erkannt (Lias ist ursprünglich eine Provinzialbenennung), nachher aber auch in Deutschland, Frankreich, der Schweiz, Polen und Rußland sehr verbreitet gefunden. In Nordengland enthält sie auch Kohlen- und Landpflanzenreste. In Deutschland besteht diese Formation zu oberst aus dunkeln bituminösen Schiefern, darunter aus ähnlichen dichten Kalksteinen, und zu unterst aus oft eisenschüssigen Sandsteinen. In derselben wird eine sehr große Zahl von Versteinerungen gefunden, besonders Ammoniten, Belemniten, Crinoideen, zweischalige Muscheln, Fische und Saurier.

Triasgruppe. Unter dieser Benennung hat man die drei Formationen Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein vereinigt, welche in Westdeutschland und Ostfrankreich gewöhnlich zusammen vorkommen. In England und vielleicht auch in Nordamerika aber werden diese drei Formationen durch die viel einförmigere Bildung des New-red-sandstone vertreten. Nur die mittlere dieser Formationen, der Muschelkalk, enthält viele Meeresversteinerungen.

Keuper und Buntsandstein sind überhaupt ziemlich arm an organischen Resten.

Keuperformation. Diese hauptsächlich im westlichen Deutschland bekannte, vorherrschend sandige und mergelige Ablagerung (mit Lettenkohle in der untern Abtheilung) enthält nur wenig organische Ueberreste, theils von Landpflanzen, theils von Meeresmuscheln herrührend; doch glaubt man, daß sie in den südlichen Alpen (bei St. Cassian) durch eine weit mächtigere und durchaus marine Ablagerung vertreten werde. Oft wird Gyps, zuweilen auch Steinsalz darin gefunden.

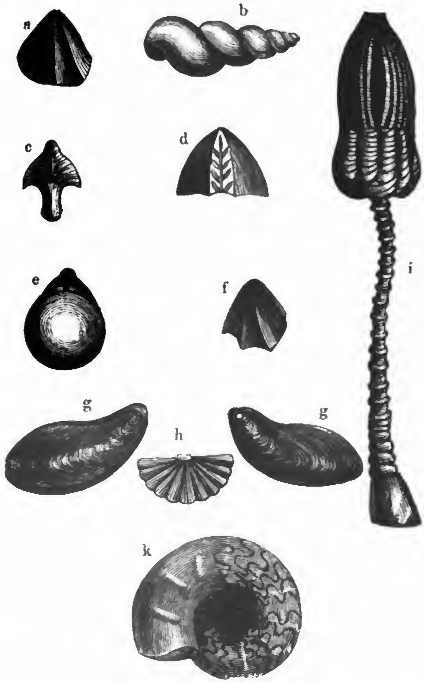
Muschelkalkformation. Auch diese Formation ist am meisten charakteristisch im westlichen Deutschland entwickelt, läßt sich indessen östlich bis nach Polen und westlich bis in das Innere von Frankreich verfolgen. In der obern und untern Abtheilung herrschen oft sehr muschelreiche Kalksteine, in der Mitte Thon mit Anchydrit, Gyps und Steinsalz vor. In Oberschlesien und in Baden kommen Zink-, Blei- und Eisenerzlagerstätten darin vor, die aber jüngerer Entstehung sind. In den Alpen wird der Muschelkalk Deutschlands durch den sogenannten Guttensteiner Kalk vertreten, an dessen unterer Grenze ebenfalls viel Steinsalz gefunden wird.

Die Versteinerungen der Muschelkallformationen rühren fast alle von Meeresbewohnern her, besonders von Ceratiten, Encriniten, Terebrateln, Pectiniten, Austern, Avicula- und Plagiostomaarten. Auffallend ist im Muschelkalk der Mangel an Zoophyten. Einige charakteristische Muschelkalkversteinerungen sind in dem umstehenden Holzschnitte dargestellt.

Buntsandstein. Die obere Abtheilung dieser Formation (der sogenannte „Röth“) besteht in Westdeutschland aus rothen und grünen Schieferthonen oder Mergelschiefern, häufig mit Gyps, seltener mit Steinsalz. Darunter aber folgt eine sehr mächtige Sandsteinbildung von gelblicher, röthlicher oder bunter Färbung. Auch diese Formation ist charakteristisch nur in Deutschland und Frankreich bekannt. Sie enthält sehr wenig organische Reste, unter welchen sich einige Landpflanzen und Fährtenabdrücke von Sauriern am meisten auszeichnen.

Kohlengruppe. Ich rechne zu dieser die Zechsteinformation, das Rothliegende, die Steinkohlenformation und den Kohlenkalk-

stein. Das sind theils rein marine Ablagerungen, wie der Zechstein, theils solche, welche viele Landpflanzenreste und sogar Kohlen-



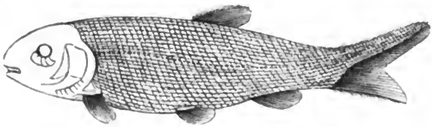
Versteinerungen des Muschelkalkes:

a Myophoria vulgaris, *b* Melania turitellaris, *c* Rhyncholites hirundo, *d* Rhyncholites Gailardoti, *e* Terebratula vulgaris, *f* Terebratula arculata, *g* Avicula socialis, *h* Spirifer fragilis, *i* Encrinites liliiformis, *k* Ammonites (Ceratites) nodosus.

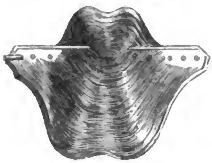
lager enthalten, die entweder zusammengeschwemmt sind, oder an Ort und Stelle entstanden, im letzteren Falle natürlich auf der

Landoberfläche. Wie die vielen Pflanzenreste, so tragen auch die Ueberreste von den Meeresbewohnern dieser Periode einen besondern Charakter an sich, der am meisten bezeichnet wird durch das Muschelgeschlecht Productus und dickschuppige Fische mit unsymmetrischen Schwänzen.

Zechsteinformation. Eine durchaus deutsche Bildung, am schönsten in Thüringen zu finden, wo ihr unterstes Glied, der Kupferschiefer, zu sehr vielem Bergbau Veranlassung gegeben hat. Die obere Abtheilung besteht aus Stinkstein (d. i. bituminöser Kalkstein), Dolomit, Gyps und Steinsalz, oft auch mit Spatheisensteinstöcken; die untere aus sehr bituminösem Stinkstein, bituminösem Mergelschiefer, Kupferschiefer und einem oft kupferhaltigen Sandstein, dem sogenannten Weißliegenden. Es sind verhältnißmäßig nur wenige Arten, welche in dieser Formation versteinert auftreten, diese aber zum Theil in sehr großer Zahl der Individuen, so besonders ein Fisch (Palaeonicus Freieslebenii) und eine zweischalige Muschel (Productus aculeatus), außerdem noch einige Bivalven, Zoophyten und mehrere undeutliche Pflanzen. Auch sehr deutliche Reptilienreste hat man in dieser Formation gefunden und Protorosaurus genannt. Nachstehende sind zwei Hauptversteinerungen des Zechsteins.



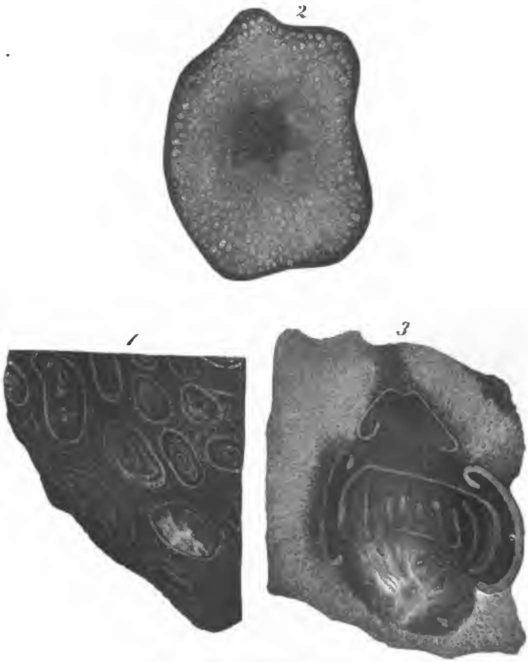
Palaeonicus Freieslebenii.



Productus aculeatus.

In England ist der Zechstein in der Reihe des sogenannten New-red-sandstone, zwischen dessen oberer und unterer Abtheilung

lokal durch die dem deutschen Zechstein ziemlich ähnliche Ablagerung vertreten, welche man dort Magnesian-limestone genannt hat. In Rußland wird seine Stelle in der allgemeinen Schichten-



Versteinerungen des Rothliegenden:

1. Theil des Querschnittes eines Farrenwurzelstockes Tubicaulis solenites.
2. Querschnitt eines Gefäßbündels von Psaronius asterolithus, stark vergrößert.
3. Querschnitt eines Farrenstammes Psaronius helmintholithus.

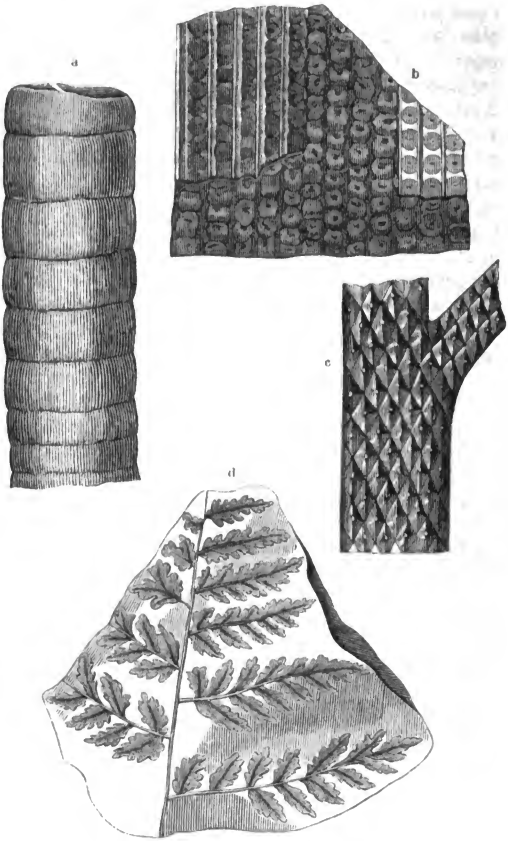
reihe dagegen durch sehr abweichende Bildungen eingenommen, welche man Permische Formation genannt hat, die aber zu-

gleich noch unser deutsches Rothliegendes vertreten, sodaß also die Permische Formation Rußlands in derselben Zeit gebildet wurde, in welcher in Deutschland die Ablagerung des Rothliegenden und des Zechsteins erfolgte.

Rothliegendes. Es ist dieses abermals wie der Zechstein eine vorherrschend deutsche Bildung. Dasselbe besteht hauptsächlich aus groben Konglomeraten mit eisenreichem und deshalb rothem oder braunrothem Bindemittel. Gegen unten treten in demselben aber auch feine Sandsteine, Thonsteine und bituminöse Schieferthone, zuweilen selbst geringmächtige Kohlenlager auf. Es kommen in dieser Formation nur Landpflanzenreste vor, die meisten rühren von baumförmigen Farrn und Equisetaceen her. Bei vielen der in Hornstein umgewandelten ist die innere Textur deutlich erhalten, und diese nennt man theils Holzsteine, theils Staarsteine oder Madensteine. Das Rothliegende tritt besonders charakteristisch in Sachsen und Thüringen auf, wo es überall mit Porphyren zusammen vorkommt und die Kohlenformation zu bedecken pflegt. Charakteristische Versteinerungen dieser Formationen sind z. B. die nebenstehende im Querschnitt dargestellten Pflanzenstammtheile.

Kohlenformation. Sie ist ungemein wichtig durch die darin enthaltenen Steinkohlenlager. Diese wechseln gewöhnlich mit der Quantität nach weit überwiegenden grauen Sandsteinen und Schieferthonen, und aus diesem Wechsel besteht in der Hauptsache die ganze Formation, die nur örtlich auch noch Thoneisensteinlager und Kalksteinlager enthält. Die größte Verbreitung zeigt die Kohlenformation in Nordamerika, dann in England; viel geringer ist dieselbe in Deutschland und Frankreich. Die Kohlenformation enthält beinahe nur Reste von Landpflanzen, diese aber in außerordentlicher Menge, wie denn die Kohlenlager selbst ganz daraus bestehen. Unter diesen Pflanzen herrschen Sigillarien, Stichmarien, Araukarien, Equisetaceen, Lycopodiaceen, Lepidodendra, Asterophylliten und Farrn vor, welche zum Theil gänzlich abweichen von allen jetzt existirenden Pflanzenformen. (Vgl. die Abbildung auf S. 200.)

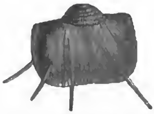
Kohlenkalksteinformation oder Bergkalk, neuerlich zum Theil auch Kulmbildung genannt. In Deutschland findet sie sich mächtig entwickelt in den Ruhrgegenden und am Harz; in Bel-



Versteinerungen der Kohlenformation:

a Calamites approximatus, *b* Sigillaria elegans, *c* Lepidodendron elegans und *d* Sphenopteris Schlotheimii.

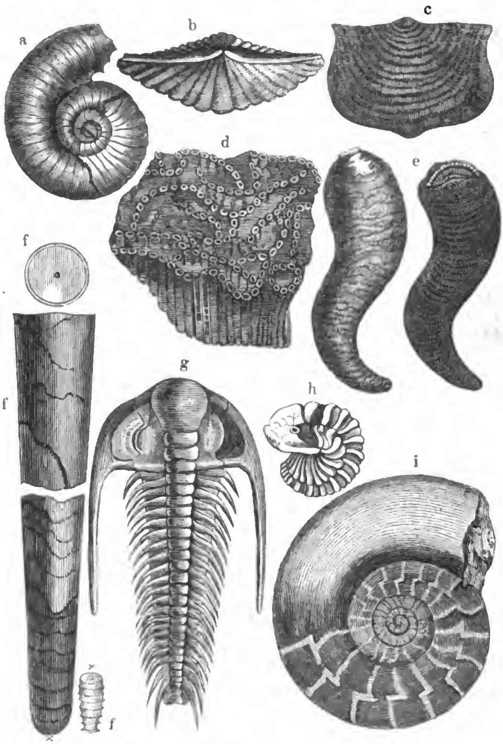
gien, Frankreich und England ist dieselbe sehr verbreitet. Sie besteht vorherrschend aus Schiefer und Kalksteinschichten mit sehr vielen Meeresmuscheln und Korallen; untergeordnet enthält sie auch Sandsteine und Kohlenlager. Am meisten charakteristisch sind unter den Meeresmuscheln die vielen Arten von Productus (Leptaena), welche darin vorkommen, z. B.


Productus longispinus.


Productus latissimus.

Grauwackengruppe. Wir theilen sie in drei Formationen, die devonische, die silurische und die kambrische, von denen aber nur die zwei oberen durch organische Reste gut charakterisirt sind. Grauwackenbildungen überhaupt kennt man fast in allen Ländern der Erde, und fast überall bestehen sie auch aus ähnlichen thonigen, sandigen und kalkigen Gesteinen. Die Grauwackengruppe bildet die unterste, älteste der deutlich als solche erkennbaren neptunischen Ablagerungen auf der Erde. Was etwa vor ihr auf dieselbe Weise gebildet ist, scheint meist in krystallinische Schiefer umgewandelt zu sein, wie denn oft ihre eigenen Gesteine oder sogar noch neuere Ablagerungen auf diese Weise metamorphosirt und unkenntlich geworden sein mögen, wobei dann meistentheils auch alle eingeschlossenen organischen Formen verloren gegangen sind.

Obere oder devonische Grauwackenformation. In England, wo zuerst konstante Abtheilungen der Grauwackengruppe erkannt wurden, besteht dieselbe theils aus dem, was man früher dort als Old-red-sandstone bezeichnete, theils aus einer bestimmten Gliederung von thonschieferähnlichen Gesteinen, Sandsteinen und Kalksteinen mit andern untergeordneten Einlagerungen, charakterisirt durch zahlreiche Goniatiten, Orthoceratiten und Trilobiten, Mollusken und Korallen; auch sind noch Fischreste und sehr



Versteinerungen der Grauwackengruppe:

a Goniatites convolvens, *b* Spirifer speciosus, *c* Leptaena depressa, *d* Catenipora escharoides, *e* Cyathophyllum flexuosum, *f* Orthoceratites regularis, *g* Paradoxides Bohemicus, *h* Calymene Blumenbachii, *i* Clymenia inaequistriata.

vereinzelte Reste von Sauriern darin gefunden worden, welche der silurischen Grauwacke vielleicht ganz fehlen, wenn nicht die Pan=

der'sche Entdeckung von vielen Fischresten in der untern Abtheilung der Silurformation Rußlands sich bestätigt. In Deutschland ist die Gliederung weniger deutlich, überhaupt bestehen hier alle Grauwackenbildungen von den ältesten bis zu den jüngsten vorherrschend aus Thonschiefer, Grauwackenschiefer und Grauwackensandstein mit untergeordneten Einlagerungen von Kalkstein, Dolomit, quarzigen Gesteinen, Kieselschiefer, Alaunschiefer, Eisenstein und Grünsteintuff, sehr häufig durchsetzt von Grünsteinen. Das Formationsalter hat man hier nur mühsam durch die Versteinerungen bestimmen können. Zur obern Grauwacke gehören in Deutschland vorherrschend die Grauwackengebiete am Rhein (zwischen Bingen und Bonn), am östlichen Thüringerwald, im Fichtel- und Erzgebirge sowie in den östlichen Alpen. Sehr ausgedehnt kennt man die Formation in Rußland und in Nordamerika.

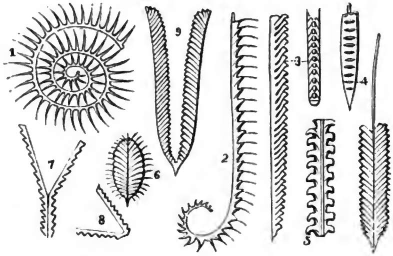
Mittlere oder silurische Grauwackenformation. Auch diese besteht in England aus einer sehr regelmäßigen Gliederung von Sandsteinen, thonigen Schiefern und Kalksteinen, mit andern Species derselben Genera, welche für die Devonische Grauwacke charakteristisch sind, zu denen sich als besonders charakteristisch noch die Graptolithen gesellen.

Der umstehende Holzschnitt stellt einige solche silurische Graptolithen dar, deren Gestalt so sehr von der aller jetzt lebenden Organismen abweicht, daß man sie lange Zeit nicht im System unterzubringen wußte. Man hat sie abwechselnd für Fucoideen (Seepflanzen), Cephalopoden und für Korallen gehalten. Gegenwärtig werden sie von den Meisten zu den Zoophyten gerechnet und in die Nähe der Sertularien, oder der im tiefen Meere lebenden Virgularien gestellt.

In Deutschland findet sich silurische Grauwacke, namentlich in Böhmen westlich von Prag; auch zwischen dem Thüringerwald und dem Erzgebirge und im östlichen Theil des Harzes tritt sie mit oberer Grauwacke zugleich auf. Sehr verbreitet ist sie in Nordrußland, in Skandinavien und Nordamerika.

Untere oder Kambrische Grauwackenformation. Thonschiefer herrscht ganz vor; Sandsteine, Kalksteine u. s. w. treten nur untergeordnet auf; organische Reste fehlen fast gänzlich. Wegen des letztern Umstandes ist die sichere Bestimmung der Formation um so schwieriger, da stellenweise auch die beiden oberen

Grauwackenformationen keine oder wenigstens keine deutlichen Versteinerungen enthalten, und da die Gesteine allmälig übergehen in die krystallinischen Schiefer, welche gewöhnlich zunächst darunter folgen. Der Taunus und der Hundsrück, sowie die Thonschiefer südlich von Reichenberg in Böhmen dürften der Kambrischen Grauwacke zuzurechnen sein.



1) Rastrites peregrinus.
2) Graptolithes Sedgwicki.
3) Graptolithes priodon.
4) Diplograpsus pristis.
5) Diplograpsus nodosus.
6) Diplograpsus folium.
7) Diplograpsus ramosus.
8) Didymograpsus sextans.
9) Didymograpsus Murchisonae.

Alle aus der untern Abtheilung der Silurformation.

Rückblick. Wenn wir diese große Schichtenreihe von den neuesten Ablagerungen bis zur Grauwacke aufmerksam durchblicken, so zeigt sich in derselben ein gänzliches Vorherrschen der Meeresbildungen, ein auffallender Mangel von Süßwasserbildungen, und außerdem ein bemerkenswerthes Ueberwiegen der Ueberreste einer üppigen Landvegetation in zwei einzelnen bestimmten Perioden, in welchen die Stein- und Braunkohlenformation an sehr vielen Orten der Erdoberfläche abgelagert worden zu sein scheinen.

Das allgemeine Vorherrschen der Meeresablagerungen ist leicht begreiflich, da auch jetzt ganz vorzugsweise nur im Meere ausgedehnte und mächtige Schichtenablagerungen erfolgen. Auffallen muß es dabei freilich immer noch, daß wir nur für sehr wenige Meeresablagerungen sogenannte Aequivalente kennen, die gleichzeitig auf dem Lande oder in süßen Gewässern gebildet worden sind. Die Erklärung dieses Umstandes ist indessen nicht allzu

schwierig. Wir müssen zunächst bedenken, daß von der ganzen Erdoberfläche erst nur ein verhältnißmäßig kleiner Theil geognostisch ziemlich genau bekannt ist. Eigentlich nur Europa, ein Theil von Nordamerika, einige Küstenlinien der andern Welttheile und einige Inseln. Das Innere der großen Kontinente von Südamerika, Grönland, Asien, Afrika und Neuholland ist in dieser Beziehung noch so gut als unbekannt, und ebenso aller Meeresboden. Da können also noch gar manche dieser zu erwartenden Aequivalente vorhanden sein. Außerdem aber ist es nach unserer ganzen geologischen Anschauungsweise wahrscheinlich, daß das Meer in früheren Erdperioden weit überwiegender die Erdoberfläche überdeckte als jetzt, und daß deshalb auch seine Ablagerungen in älteren Zeiten wirklich noch überwiegender sein mußten als jetzt. Unter dieser Voraussetzung ist nun aber das periodische Hervortreten der so mächtigen und ausgebreiteten Steinkohlenbildung in einer sehr alten Zeit um so überraschender, zumal da man für sie bis jetzt beinahe kein marines Aequivalent kennt. Wir sehen uns veranlaßt, nach der Ursache zu fragen, welche gerade in jener Periode eine so weit ausgebreitete und üppige Landvegetation begünstigte, wie sie in den Ueberresten der späteren Ablagerungen nirgends wieder angedeutet ist? Man könnte freilich sagen, die neueren Meeresformationen haben vielleicht ihre Kohlenäquivalente, d. h. der alten Steinkohlenformation entsprechende Ablagerungen, gerade in den Erdtheilen, die noch nicht genauer geognostisch bekannt sind. Das wäre aber doch ein sehr sonderbarer Zufall, daß gerade in den zuerst am meisten civilisirten und darum geognostisch genauer bekannten Ländern die mächtigste Kohlenbildung überall derselben geologischen Zeitperiode angehörte, während sie nach dieser Deutung in den andern Gegenden andern Perioden angehören würde. Noch schwieriger aber ist es zu erklären, warum man für die Steinkohlenformation noch kein weit verbreitetes und ganz marines Aequivalent aufgefunden hat. Die Ursache muß demnach wol eine andere sein. Sollte wirklich irgend eine bestimmte Periode der Erdgeschichte für die Entwickelung und weitere Ausbreitung einer üppigen Landvegetation besonders günstig gewesen sein? Eine solche Ursache ist jedoch zur Zeit noch unbekannt; sie gehört zu den noch zu lösenden Problemen der Geologie.

Gewisse, ziemlich gleichzeitig eingetretene und ziemlich allgemeine Veränderungen der Erdoberflächengestaltung sind überhaupt trotz der allgemeinen Stetigkeit der Erscheinungen immer noch wahrscheinlich; dahin gehören z. B. die sehr allgemeinen Wirkungen der sogenannten Diluvialzeit in der ganzen nördlichen Hemisphäre, mit denen, wie wir gesehen haben, die erste Eisbildung auf der Erde Hand in Hand zu gehen scheint.

VII.

Bau und Entstehung der Gebirge.

Wesen der Gebirge. — Formen der Gebirge. — Gebirgssysteme. — Ihre Richtung ist nicht als einem Gesetze folgend erkannt. — Innerer Bau der Gebirge. — Vulkanische Gebirge. — Plutonische Gebirge. — Faltengebirge. — Centralmassengebirge obern, mittlern und untern Querschnittes. — Der Harz. — Das Riesengebirge. — Der Odenwald. — Das Erzgebirge. — Die Oberlausitz. — Der Jura. — Die Alleghanigebirge. — Das rheinische Schiefergebirge.

Die Geologen unterscheiden zwischen vulkanischer und plutonischer Thätigkeit, vulkanischen und plutonischen Gesteinen, indem sie mit ersterm Ausdrucke die äußeren, oberflächlichen, mit letzterm die inneren, unterirdischen Folgen, Vorgänge und Bildungen ein und derselben Ursache bezeichnen, einer Ursache, welche A. v. Humboldt „die Reaktion des Erdinnern gegen die feste Kruste und Oberfläche“ nennt. Während der Aktion kann man natürlich nur die vulkanischen Vorgänge beobachten, nicht die tief innerlichen plutonischen. Es sind jedoch durch Zerstörung und Beseitigung der frühern Oberfläche häufig auch die Resultate jener innern Vorgänge, die plutonischen Gesteine, unserer Beobachtung zugänglich geworden. Diese Unterscheidung ist von ganz besonderer Wichtigkeit bei Beurtheilung und Deutung des äußern und innern Baues der Gebirge und seiner Entstehungsweise.

Während man im gemeinen Leben jede bedeutendere Anhäufung von Bergen ein Gebirge zu nennen pflegt, verstehen die Geologen in etwas engerer Bedeutung darunter merkbare lokale Anschwellungen der Erdoberfläche, deren innerer Bau mit dem äußern in einer gewissen Harmonie steht, und welche dadurch einen gewissen Grad individueller Selbständigkeit zeigen. Könnte man ein solches Gebirge im Niveau seiner niederen

Umgebungen abschneiden wie eine Warze, so würde immer noch der besondere innere Bau dieses Theiles der Erdkruste seine ehemalige Anwesenheit verrathen. Es ist daher nicht jede Berggruppe auch im geologischen Sinne ein Gebirge, aber bei den meisten auffallenden Erdoberflächenanschwellungen ist auch jene innere Bedingung erfüllt. Nur ein verwerflicher Mißbrauch ist es, wenn manche Geologen den Ausdruck Gebirge auch mit Formation oder Gesteine gleichbedeutend anwenden, und z. B. Kreidegebirge, Kohlengebirge, Gneißgebirge u. s. w. sagen oder schreiben statt Kreideformation, Kohlenformation, Gneißgesteine u. s. w. Das sind innere Abtheilungen, die von der Oberflächenform an sich unabhängig sind.

Nach der äußern Form unterscheidet man Massengebirge, Kettengebirge, Plateaugebirge, Rückengebirge und Alpengebirge. Aber alle diese Formen sind nicht scharf von einander abgegrenzt, sondern sie verlaufen in einander gerade so, wie es keine scharfe Grenze zwischen niederen und hohen Gebirgen gibt.

Man nennt Massengebirge diejenigen, welche sich in ihrer horizontalen Verbreitung der Kreisform nähern, während die in dieser Beziehung mehr linearen, langgestreckten Kettengebirge sind. Die ersteren besitzen oft einen centralen Hauptgipfel, z. B. der Harz den Brocken, die letzteren dagegen einen aus einer Reihe von Gipfeln zusammengesetzten Kamm (Gebirgsrücken oder Krete), so der nordwestliche Theil des Thüringerwaldes. Die Plateaugebirge nehmen eine breite, nur von Thälern durchschnittene Fläche mit ziemlich gleichmäßiger Höhe ein, wie z. B. der östliche Theil des Thüringerwaldes, während bei den Rückengebirgen überall einzelne Bergformen hervortreten, die nur nicht so schroff und nicht so durch tiefe Einschnitte oder Päße von einander getrennt sind, als bei den Alpengebirgen.

Obwol es unverkennbar, daß die Richtung der Gebirgsketten keine durchaus zufällige ist, und daß zuweilen mehrere Einzelgebirge desselben Landes sich zu Gebirgssystemen linear hinter oder parallel neben einander reihen, so sind doch bis jetzt alle Bemühungen, die Richtung der Gebirgsketten auf bestimmte allgemeine Gesetze zurückzuführen, mißlungen. Buache nahm im Innern aller Kontinente einen Hauptgebirgsstock oder Knoten an, dessen Verzweigungen er über die ganze Erde hinweg, selbst unter der Meeresfläche fort ideal zu verbinden suchte; Buffon glaubte gewissermaßen

Gebirgsmeridiane und Parallelkreise zu erkennen; Gatterer führte diese Idee noch weiter aus, nach ihm sollte das die Erde umstrickende Gebirgsnetz sogar ein ganz regelmäßiges sein, dessen Maschenfäden aber die Meridiane und Parallelkreise unter einem gewissen Winkel schnitten. A. v. Humboldt, der alle diese Irrthümer widerlegte, hielt eine Zeit lang die Richtung aus NO. gegen SW. für die unter den Gebirgen der Erde vorherrschende. Elie de Beaumont sucht alle Gebirge in eine Anzahl größte Kreise zu vereinigen, und meint, daß jede Richtung einem besondern Erhebungszeitalter angehöre. Er hat ganz neuerlich eine sehr ausführliche Arbeit darüber veröffentlicht, aber alle diese Hypothesen bewährten sich bei genauerer Untersuchung nicht als haltbar, und sehr treffend sagt hierüber A. v. Humboldt in seinem Kosmos: „Wenn auch viele Naturprocesse, wie die des Lichtes, der Wärme und des Elektromagnetismus, auf Bewegung (Schwingungen) reducirt, einer mathematischen Gedankenentwickelung zugänglich geworden sind: so bleiben übrig die oft erwähnten, vielleicht unbezwinglichen Aufgaben von der Ursache chemischer Stoffverschiedenheit, wie von der scheinbar allen Gesetzen entzogenen Reihung in der Größe, der Dichtigkeit, Achsenstellung und Bahnexcentricität der Planeten, in der Zahl und dem Abstande ihrer Satelliten, in der Gestalt der Continente und der Stellung ihrer höchsten Bergketten."

Wir wenden uns nun nach diesen wenigen Bemerkungen über die äußere Form und Richtung der Gebirgsketten ihrem innern Baue zu, und ich folge dabei wesentlich dem, was ich in meiner kleinen Schrift über den innern Bau der Gebirge 1851 ausführlich dargestellt habe.

Der innere Bau der Gebirge gewährt weit bessere Aufschlüsse über die Art ihrer Bildung, als die äußere Form, die zum Theil offenbar eine Folge späterer Zerstörungen ist. Aus seiner Natur erkennt man ihr Werden, und die verschiedenen Arten der Zustände dieses innern Baues sind meist nichts anderes als verschiedene Entwickelungs- und Zerstörungsphasen. Gewiß sehr bezeichnend ist es für alle Gebirge und in engster Beziehung zu ihrer Bildungsweise, daß in ihnen vorzugsweise häufig die eruptiven oder metamorphischen krystallinischen Gesteine (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Grünstein, Porphyr, Trachyt, Basalt u. s. w.)

auftreten, und daß die deutlich aus Wasser abgelagerten geschichteten Sedimentärgesteine, wo sie im Innern von Gebirgsketten sich zeigen, stets deutlich aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerückt, gehoben, gebogen, geknickt, aufgerichtet oder vielfach zertrümmert sind. Es deutet dieses allgemeine Verhalten sehr deutlich auf die gewaltsame Art der Gebirgsbildung hin, ja es ergibt sich daraus als allgemeinstes Resultat, daß alle Gebirge durch vulkanische (oder plutonische) Thätigkeit erhoben sind. Die Art, Energie, Form, räumliche Ausdehnung, Zeit u. s. w. dieser Erhebung jedoch, sowie der Grad der später eingetretenen Zerstörungen, sind bei den einzelnen Gebirgen sehr ungleich, und diese Umstände bedingen die wesentlichsten Unterschiede des beobachteten innern Baues.

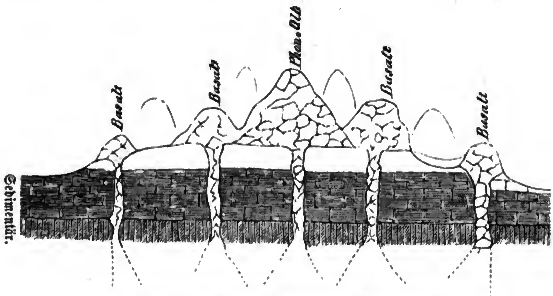
Wir unterscheiden hauptsächlich drei Arten der Entstehung und sehr viele Combinationsformen, Entwickelungs- und Zerstörungsstadien derselben. Die drei Entstehungsarten sind: 1) durch Ausfluß und oberflächliche Anhäufung von Eruptivgesteinen (vulkanische Gebirge); 2) durch Erhebung vorhandener fester Erdkrustentheile, welche bewirkt ist durch aufdringende Eruptivgesteine (plutonische Gebirge); 3) durch Seitendruck und infolge davon Fältelung der festen Erdkruste (Faltengebirge). Die letzteren sind die seltensten, und in gewissem Grade gehören sie doch auch zu den plutonischen.

Durch Ausfluß und oberflächliche Anhäufung von Eruptivgesteinen oder durch ausgeschleuderte Theile derselben sind nicht nur alle wahren Eruptionskegel der Vulkane entstanden, sondern auch alle Basalt- und Phonolithberge, wahrscheinlich sogar manche Trachyt- und Porphyrberge, sowie die aus ihnen bestehenden Berggruppen oder Gebirge. Ein sehr schönes Beispiel dieser Art liefert das böhmische Mittelgebirge, von welchem ein idealer Querschnitt ungefähr so aussehen würde, wie uns nebenstehende Abbildung zeigt.

Die Rhön, das Vogelsgebirge, der Kaiserstuhl im Breisgau, die Berge und Kuppen des Siebengebirges und der Eifel, sind andere minder deutliche Beispiele von Gebirgen dieser Art. Ein bezeichnender Umstand für diese Gebirge ist das Untergeordnetsein aller Thalbildung, man erblickt vorherrschend nur Berge, die Thäler treten als eine durchaus secundäre Erscheinung auf.

Die möglichen Zerstörungsformen dieser Gebirge werden wir später berühren.

Zu der zweiten Art, bei welcher vorhandene feste Erdkrustentheile durch aufdringende Eruptivgesteine lokal erhoben sind, gehört die Mehrzahl aller Gebirge, wobei jedoch zu bemerken ist, daß mit ihr öfters auch noch Bergbildungen durch aus- und übergeflossene Eruptivgesteine verbunden sind.



Ganz idealer Durchschnitt des böhmischen Mittelgebirges.

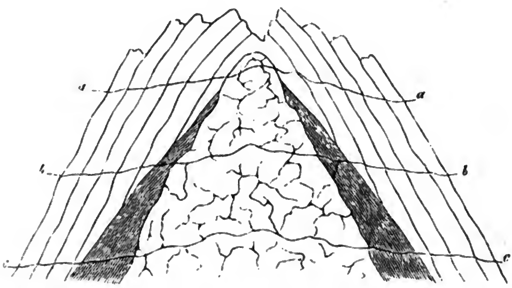
Diese Grundform der Gebirge zeigt aber eine besonders große Zahl und Mannigfaltigkeit einzelner Entwickelungs- und Zerstörungsstadien. Wir wollen diese gleichsam von ihrem Embryonenzustande an durch eine fortlaufende Reihe der Ausbildung hindurch verfolgen.

1) Zuweilen sind an der Oberfläche nur stark gefaltete und dadurch lokal über ihr ursprüngliches Niveau erhobene Flötzformationen sichtbar, die erhebenden Eruptivgesteine treten nirgends zu Tage. Wir nennen solche Gebirge centrale Faltengebirge. In solchem Falle ist es schwierig, ja manchmal geradezu unmöglich, diese Gebirgsform von den durch Seitendruck entstandenen Faltengebirgen zu unterscheiden. Die Weserketten dürften hierher zu rechnen sein.

2) Es treten kleine Theile, gleichsam obere Enden von Eruptivgesteinen, zwischen den erhobenen oder gefalteten Schicht- und Schiefergesteinen an die Oberfläche hervor. Dies sind eben nur die Spitzen nach unten zu dicker werdender und oft mit ihrer

Basis sich verschmelzender Massen, deren Hervortreten entsprechend, gewöhnlich die Schicht- und Schiefergesteine erhoben und aufgerichtet sind, ohne daß diese Aufrichtung allemal eine unmittelbare Folge des Ein- und Aufdringens der Eruptivgesteine sein müßte. Sehr oft ist sie vielmehr erst später durch Hebungen bewirkt, bei denen keine flüssigen Massen gegen die Oberfläche empordrangen.

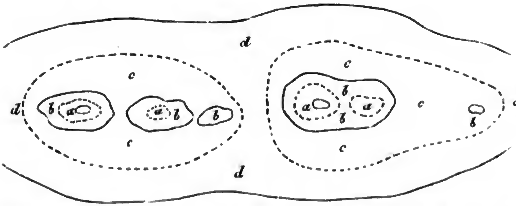
Diese Eruptivgesteine sind in der Regel plutonische, also nicht zu Tage ausgeflossene, und ihr Sichtbarwerden ist daher bedingt durch einen gewissen Grad oberflächlicher Zerstörung. Je nachdem die Gebirgsmasse wenig oder viel über ihre Umgebungen erhoben, und je nachdem sie später wenig oder viel von oben herein zerstört ist, treten dabei immer tiefere Querschnitte und infolge davon größere Flächenräume der Eruptivmassen zu Tage. Wir unterscheiden deshalb diese ungleichen Stufen der Zerstörung, allerdings etwas willkürlich, als Centralmassengebirge (plutonische Gebirge) obern, mittlern und untern Querschnittes, was sich am besten durch nachstehende ganz ideale Figur deutlich machen lassen wird. Die Linien a, b und c bezeichnen hier die durch



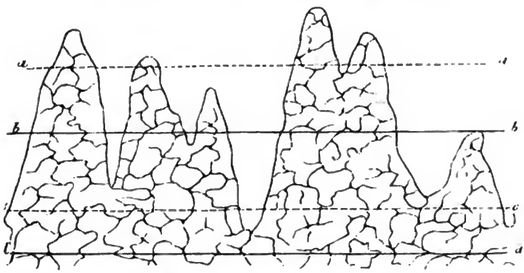
Ein Centralmassengebirge a obern, b mittlern und c untern Querschnittes.

Zerstörung der ursprünglich erhobenen Gebirgsmassen hervorgebrachten Oberflächenschnitte, und dabei erkennt man zugleich, wie durch um so tiefere Schnitte nicht nur um so größere Eruptivmassen, sondern auch um so stärker von ihnen aus umgewandelte Schichtgesteine, als krystallinische Schiefer freigelegt werden.

Es ist das Auftreten im Horizontalschnitt gerundeter Gebiete ganz krystallinischer Eruptivgesteine, wie Granit und Syenit, eine sehr häufige Erscheinung. In den meisten plutonischen Gebirgsgegenden sind dergleichen sogenannte Granitellipsoide bekannt. Ich habe deshalb versucht, durch die folgende ganz ideale Figur zu zeigen, in welcher Weise diese im Allgemeinen kegelförmigen Eruptivmaßen durch ungleich tiefe Querschnitte in ungleicher Zahl und Form zur Erscheinung kommen.



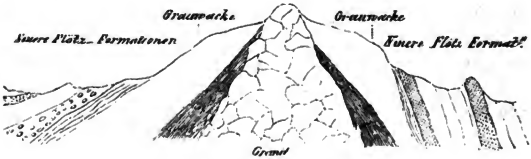
Einzelne Horizontalabschnitte, wie sie nach einander zur Erscheinung kommen würden, wenn man den im folgenden Verticalschnitt dargestellten Erdkrustentheil nach und nach bis zu den Linien a b c d abtrüge. Es müssen dabei die Zwischenräume zwischen diesen Eruptivkegeln gleichfalls mit Gestein, aber nicht mit eruptivem, ausgefüllt gedacht werden.



Vertikalschnitt eines Erdkrustentheils.

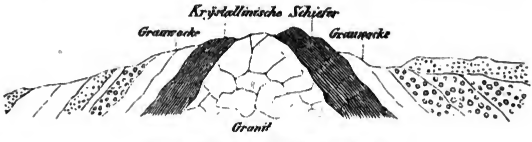
Ich will nun noch für diese Centralmassengebirge ungleichen Querschnittes einige Beispiele aus der Wirklichkeit nennen und durch idealisirte Abbildungen zu veranschaulichen suchen. Der Harz liefert uns ein Centralmassengebirge obern Querschnittes in

folgender Figur. Der Granit ragt hier eben nur (an zwei Stellen) aus den mächtigen Grauwacken- und Kulmbildungen hervor,



Durchaus idealer Querschnitt des Harzes.

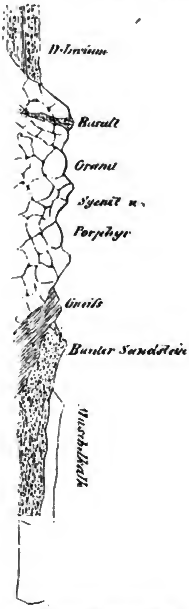
ohne dieselben bis zur jetzigen Oberfläche in krystallinische Schiefer umgewandelt zu haben. Die randlichen Schichten sind aufgerichtet bis zu denen der Kreide aufwärts, woraus hervorgeht, daß noch nach Ablagerung dieser der Harz erhoben worden ist, zu einer Zeit als hier keine Eruptivgesteine mehr empordrangen, denn diese sind im Harz alle viel älter als die Kreideformation; indessen ist er sicher auch schon vorher erhoben worden, da die älteren Schichten im Allgemeinen stärker aufgerichtet sind, und da sie auf beiden Seiten sich nicht ganz gleichmäßig entwickelt haben, was vermuthen läßt, daß während ihrer Ablagerung schon eine Erhebung vorhanden war, welche Meeresbecken von einander trennte und auf diese Weise eine Ungleichheit der Ablagerungen zu beiden Seiten veranlaßte. — Als ein Centralmassengebirge mittlern Querschnittes führe ich das Riesengebirge an, hier sind im Zerstörungshorizontalschnitte,



Idealer Vertikalschnitt des Riesengebirges.

der jetzigen Oberfläche, zwei granitische Eruptivkegel, mit ihrer Basis verwachsen, sodaß sie gleichsam eine Achtform bilden, und diese Centralmasse ist von einer sehr mächtigen Hülle krystallinischer Schiefergesteine umgeben, ehe darauf die Grauwackenbildungen folgen, wie das der vorstehende ideale Vertikalschnitt zeigt.

Die Schichtenaufrichtungen am Riesengebirge (siehe die Figur auf S. 214) und folglich ihre Ursachen, die Erhebungen, zeigen viele Analogie mit denen am Harze. Auch hier sind selbst die Kreidegebilde noch gestört, während eine weit frühere Existenz des Gebirges abermals durch Ungleichheit der beiderseitigen Ablagerungen erkennbar ist.



Ganz idealer Querschnitt des Odenwaldes.

Als Centralmassengebirge tiefen Querschnittes nenne ich endlich die Oberlausitz und den Odenwald. In beiden herrschen an der Oberfläche granitische Gesteine vor. Die erhobenen und umgewandelten Schichten treten nur an den äußersten Rändern auf (siehe nebenstehende Figur).

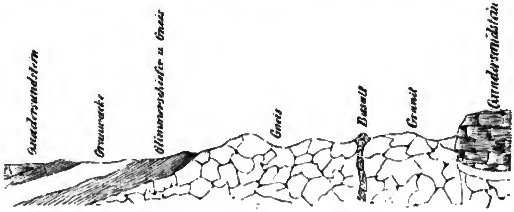
In die Klasse der plutonisch gehobenen gehören ferner auch diejenigen Gebirge, deren Oberfläche vorherrschend aus metamorphischen krystallinischen Schiefergesteinen besteht. Sehr oft sind diese einseitig erhoben, d. h. es ist eine mächtige Platte krystallischer Schiefer von einer Hauptspalte aus einseitig etwas aufgeklappt, wodurch dann meistentheils auch die äußere Form einem einseitigen Steilabhang zeigt, wie beim Erzgebirge (siehe nachfolgende Figur).



Ganz idealer Querschnitt des Erzgebirges.

Das sind aber alles nur einzelne charakteristische Beispiele aus einer größern Zahl höchst mannigfaltiger Fälle, zugleich ist dabei

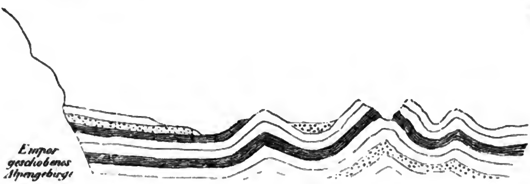
keine Rücksicht genommen auf einzelne vulkanisch gebildete Berge, die sich gleichsam als sekundäre Erscheinungen auf der Oberfläche mancher, ihrem Hauptcharakter nach plutonischen Gebirge zeigen, wie z. B. in der Oberlausitz. Es verhalten sich diese vulkanischen



Ganz idealer Querschnitt der Oberlausitz.

Basalt- oder Phonolithberge zu der Hauptmasse des Gebirges ähnlich wie die Auswurfskegel zu den Erhebungskegeln der Vulkane. Wir können in dieser Beziehung z. B. das oberlausitzer Granitgebirge mit seinen Basaltkegeln dem Aetnagebirge mit seinen Lava- und Schlackenkegeln vergleichen, nur ist die Altersdifferenz im erstern Falle eine weit größere als im letztern. Zwischen beiden Bildungen liegt dort ein ungleich größerer Zeitraum oberflächlicher Zerstörung.

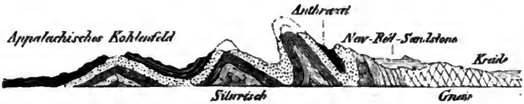
Die dritte Bildungsart der Gebirge ist die durch Seitendruck und durch ihn veranlaßte Knickung, Aufrichtung, Fältelung der Flötzformationen in einer gewissen Entfernung von plutonisch gehobenen Gebirgen.



Idealer Querschnitt des Juragebirges.

Ein vortreffliches Beispiel dieser Art liefert uns die Jurakette, die aus mehreren parallelen Falten eines mächtigen Schichtensystems

besteht, ungefähr der Skizze auf vorstehender Figur vergleichbar. Es ist kaum vorauszusetzen, daß hier eine Emporhebung aus der Tiefe stattgefunden hat, sondern eben nur eine seitliche Zusammenschiebung. Es pflegen sich diese Gebirge durch mehrere parallele Einzelketten von ungefähr gleichem Werthe und durch zwischenliegende Längenthäler auszuzeichnen. Auch die Alleghanikette dürfte in gewissem Grade dieser Klasse von Gebirgen angehören, wie der schöne ideale Querschnitt zeigt, welchen Lyell davon entworfen hat (siehe folgende Figur). Auch die Kette der Kalkalpen am Nordrand der Alpen ist in gewissem Grade hierher zu rech-

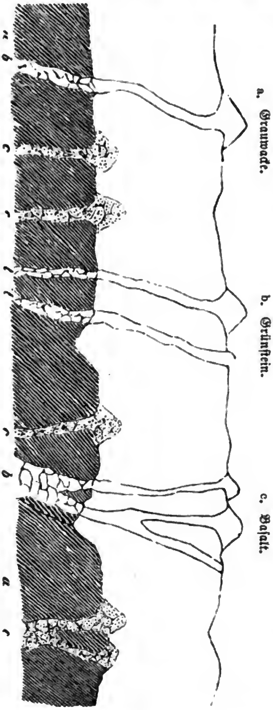


Idealer Querschnitt des Alleghanigebirges.

nen. — Oft mag es sehr schwierig sein, diese Gebirge von den durch unmittelbare Hebung entstandenen Faltengebirgen bestimmt zu unterscheiden, da in jenen wie in diesen keine erhebenden Eruptivmassen zu Tage treten.

Man sieht, daß die Phasen der Zerstörung bei den plutonisch gehobenen Gebirgen eine ganz besondere Mannigfaltigkeit zeigen. Es fragt sich nun, ob dieser Umstand wirklich in ihrer besondern Natur bedingt ist, oder ob nicht etwa eben nur die Dauer und deshalb Stärke der Zerstörung den Unterschied zwischen ihnen und den vulkanischen Gebirgen bedingt? Ob nicht jedes vulkanische Gebirge, wenn es hoch genug über den Meeresspiegel erhoben, und dann bis zu hinreichend tiefem Querschnitt wieder zerstört würde, dieselben Erscheinungen zeigen müßte? — Dem ist nicht so, und daß es nicht so sei, ergibt sich sowol aus den plutonisch gehobenen Faltengebirgen, die gar keine vulkanischen Eruptionswege erkennen lassen, während sie doch offenbar in ihrer Tiefe nach oben gepreßte, aber nie zum Ausbruche gekommene Eruptivgesteine bergen, als auch aus dem innern Bau der meisten vulkanischen Gebirge, insoweit derselbe erkannt ist. Im böhmischen Mittelgebirge (siehe die Figur auf S. 211), in der Rhön, in der Eifel, genug in allen etwas genauer bekannten deutschen Basalt-

gebirgen, zeigen sich die Schichten der vom Basalt deutlich durchbrochenen Flötzformationen in dessen Nähe keineswegs merkbar aus ihrer Lage gerückt, stark aufgerichtet und dergleichen, wie das neben den älteren plutonischen Eruptivgesteinen, die mehrfache Erhebungen erlitten haben, nachdem sie schon längst erstarrt waren, so ganz gewöhnlich und oft sehr entschieden der Fall ist. Könnte man eines dieser vulkanischen Gebirge bis zu einer Tiefe von einigen tausend Fuß unter die jetzige Oberfläche abrasiren, so würden sich sicher nicht solche Erscheinungen zeigen, wie wir sie in den plutonisch gehobenen Gebirgen zu sehen gewohnt sind. Wir würden sehr wahrscheinlich die in ihrer allgemeinen Lagerung wenig gestörten Schichtgesteine nur von basaltischen Gängen und Stielen durchsetzt sehen, etwa in der Art, wie die Grauwackengebiete so häufig von stock-, lager- und gangförmigen Grünsteinen durchsetzt sind. Ob nicht diese letzteren einst zu ähnlichen Eruptionskuppen gehörten, wie die Basaltberge sie darstellen, das ist eine andere Frage, deren Bejahung gar nicht unwahrscheinlich ist. Wäre es so, so würden sich



Idealer Querschnitt des rheinischen Schiefergebirges.

z. B. zwei weit aus einander liegende Abschnitte aus der Geschichte des rheinischen Schiefergebirges, in welchem Basalt- und Grünsteindurchsetzungen neben einander vorkommen, durch vorstehende Figur ideal ausdrücken lassen, in welcher die unausgeführte obere

Hälfte einen Querschnitt kurz nach erfolgten Grünsteineruptionen, die ausgeführte dagegen einen jetzigen Querschnitt darstellt. Die bis zur ehemaligen Oberfläche hinauf punktirten Grünsteine erschienen vielleicht an dieser als den Basalten höchst ähnliche Gesteine.

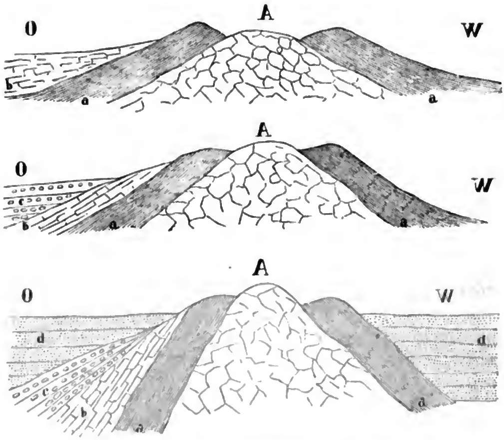
Aus sehr vielen Thatsachen ergibt sich, daß nicht nur der Zerstörungs-, sondern auch der Bildungsproceß, die Erhebung der Gebirge, ein außerordentlich langsamer war und ist. Sehr viele auf einander folgende lokale Hebungen sind nöthig gewesen, um ein bedeutendes Gebirge hervorzubringen, und diese können durch lange Perioden der Ruhe, in welchen allmälige Abschwemmung wirkte, oder sogar durch temporäre Senkungen unterbrochen worden sein. Theilweise läßt sich der Wechsel solcher Perioden aus dem ungleichen Verhalten der Flötzformation nachweisen. Sind einige derselben stärker erhoben oder aufgerichtet als andere, so läßt sich vermuthen, daß jene von einer größern Zahl einzelner Hebungen betroffen wurden, als diese, und sind einzelne gar nicht aus ihrer horizontalen Anlagerung gestört, so kann man schließen, daß sie erst nach der letzten Erhebung abgelagert wurden; sind endlich einige nur auf einer Seite einer Gebirgskette vorhanden, so läßt sich vermuthen, daß zur Zeit der Ablagerung dieser das Gebirge bereits in gewissem Grade vorhanden war, und dadurch eine Ablagerungsscheide, eine Art Damm bildete, während bei den noch älteren Ablagerungen die Scheide fehlte, oder bei den neueren nicht mehr diejenige ungestörte Ausdehnung besaß, welche ein solches Hinderniß der Ausbreitung bilden konnte.

Die nachstehenden drei schematischen Skizzen (siehe die Abbildung auf S. 220) mögen dazu dienen, dergleichen Vorgänge auf eine ideale Weise zu erläutern.

Es ist hier ein und dieselbe Gebirgserhebung in drei auf einander folgenden Stadien der Erhebung dargestellt, während gleichzeitig oder in den Zwischenzeiten neue Ablagerungen erfolgten, ohne dabei auf in denselben Perioden etwa eingetretene Zerstörungen Rücksicht zu nehmen.

Die oberste Skizze stellt den Zustand nach der ersten Erhebung des Gebirges A dar. Die Flötzformation a ist schon vor der Erhebung vorhanden gewesen und deshalb durch dieselbe etwas aufgerichtet; b hat sich aber erst nach der Erhebung auf der Ostseite O des Gebirges horizontal ab und an dasselbe angelagert,

während dieses damals eine Wasserscheide und Ablagerungsgrenze bildete, sodaß auf der Westseite W keine Ablagerung erfolgte. Nachdem dieser Zustand eingetreten war, erfolgte eine zweite Hebung der im Querschnitt dargestellten Gebirgskette A, durch diese



Ideale Darstellung des Bildungsprocesses der Gebirge.

wurden auch die Schichten der Formation b etwas, und die von a stärker als früher aufgerichtet; nachdem aber diese zweite Erhebung stattgefunden, lagerte sich wiederum nur auf der Ostseite die Formation c ab, das Gebirge bildete nämlich noch immer eine Ablagerungsgrenze. Die mittlere Figur stellt das Resultat dieser Vorgänge dar. Hierauf erfolgte eine dritte Hebung der Gebirgskette A, dadurch wurden auch die vorher horizontalen Schichten von c etwas, die von b und a aber noch stärker als früher aufgerichtet. Durch irgend eine Veränderung außerhalb unsers Querschnittes war aber nun auch die Westseite W wieder zu einem mit dem der Ostseite verbundenen Ablagerungsgebiet geworden, und es erfolgte auf beiden Seiten die Ablagerung der Formation d mit horizontaler Schichtung. Das endliche Resultat aller dieser Vorgänge stellt die unterste Figur dar. Sollte nun noch eine vierte

Hebung eintreten, so würden natürlich dadurch auch die Schichten von d aufgerichtet werden, und die von c, b und a aber noch stärker als früher. Aus dem Resultat lassen sich in solchem Falle dann Aufeinanderfolgen der Vorgänge erkennen, durch welche dasselbe hervorgebracht wurde. Es ist das aber keineswegs immer so leicht, als es nach obiger Darstellung erscheinen könnte, welche eben nur eine schematische ist. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse meist viel complicirter, und namentlich auch durch in der Zwischenzeit eingetretene theilweise Zerstörungen schwieriger zu erkennen und zu deuten.

Die ungleichen Höhen der Gebirge sind natürlich ebenfalls theils Folgen ihrer ungleichen Erhebung, theils ihrer ungleichen Zerstörung, und es versteht sich von selbst, daß in der Regel (oder bei übrigens gleichen Umständen stets) jedes Gebirge um so mehr oberflächlich zerstört sein wird, je älter seine erste Erhebung ist, je länger es folglich über seine Umgebungen hervorragte und den zerstörenden Wirkungen dadurch besonders ausgesetzt war.

VIII.

Die Erzlagerstätten.

Wichtigkeit und Verschiedenheit der Erzlagerstätten. — Eingesprengte Erze. — Erzgänge. — Entstehung derselben. — Erzstöcke. — Erzlager. — Deren Entstehung. — Sogenannte Seifenlager. — Erzimpragnation. — Gewinnungsarten der Erzlagerstätten.

Bereits im fünften Abschnitte habe ich einen Unterschied zwischen den weit verbreiteten und oft in sehr großen Massen auftretenden Gesteinen und den besondern Lagerstätten gemacht, welche letzteren nur einen untergeordneten Antheil an der Zusammensetzung der festen Erdkruste nehmen, und meist auch nicht auf so konstante Weise sich in allen Ländern wiederholen.

Zu diesen besondern Lagerstätten gehören nun namentlich auch die meisten Erzvorkommnisse oder Erzlagerstätten, und manche ihnen verwandte Mineralverbindungen, die unter ähnlichen Umständen auftreten. Ob man auch die Kohlenlager und die Steinsalzbildungen hierher rechnen solle, kann schon zweifelhafter erscheinen, da sie zwar in der Regel auch nur untergeordnete Einlagerungen zwischen andern Gesteinen bilden, aber doch schon mit größerer Gleichmäßigkeit sich fast in allen Erdgegenden wiederholen.

Die Metalle, sowol im gediegenen als im vererzten Zustande, gehören zu den nur sehr untergeordneten Bestandtheilen der festen Erdkruste. Wären sie nicht für den Menschen so ungemein wichtig, so würden sie vom rein geologischen Standpunkte kaum eine große Beachtung finden. Der Werth der einzelnen Metalle ist aber bekanntlich sehr ungleich, und hiernach sind auch die Bestrebungen für ihre Auffindung und Gewinnung sehr verschieden.

Ein Mineral oder eine Mineralverbindung, aus welcher sich mit Vortheil irgend ein Metall gewinnen läßt, oder auch mehrere Metalle gleichzeitig, nennt man ein Erz, und die lokale Anhäufung solcher Erze eine Erzlagerstätte. Unter diesen Umständen sind aber natürlich die Bezeichnungen: Erz, Erzlagerstätte, Erzgang u. s. w. ganz von dem ungleichen Werthe der Metalle abhängig. Ein Mineral oder eine Mineralverbindung, welche nur ein Procent Eisen enthält, nennt Niemand ein Eisenerz, während ein Quarzfels, welcher ein Procent Gold enthält, als eine sehr reiche Golderzlagerstätte anzusehen ist.

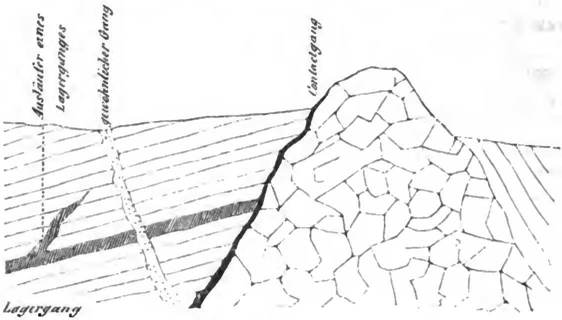
Man findet die Erze und Metalle in der festen Erdkruste besonders unter folgenden formalen Verhältnissen: 1) in Gängen (Spaltenausfüllungen), 2) in unregelmäßigen sogenannten stockförmigen Massen, 3) in Lagern zwischen geschichteten Gesteinen, oder an der äußern Erdoberfläche, oder 4) als Imprägnationen gewisser Gesteine.

Ich will diese Arten des Vorkommens einzeln besprechen und durch einige Beispiele zu erläutern suchen, und beginne mit den interessantesten und wichtigsten derselben, den Erzgängen.

1) Erzgänge. Gänge überhaupt sind Ausfüllungen von Spalten; wenn aber das ausfüllende Material so viel metallische Theile enthält, daß es dadurch bergmännisch wichtig wird, so nennt man sie Erzgänge. Da alle Gänge Ausfüllungen von Spalten sind, so ist ihre Gestalt nothwendig die der Spalten, d. h. eine der Plattenform sich nähernde. Die Gänge sind jedoch nie wirklich und vollständig plattenförmig, nicht nur keilen sie sich gegen ihre seitlichen Enden hin allmälig aus, sondern auch in ihrem ganzen Verlaufe zeigen sie davon mancherlei Abweichungen und Unregelmäßigkeiten. Sie wechseln oft sehr in ihrer Dicke (Mächtigkeit), biegen sich oder verzweigen sich in mehrere Spalten („zerschlagen sich in Trümer") u. s. w. Diese Unregelmäßigkeit der Form, mit der sie oft die feste Erdkruste durchziehen („durchsetzen"), hat auch zu der Benennung Adern („Erzadern") Veranlassung gegeben, indem man sie den Adern im thierischen Körper verglich, denen sie freilich insofern gar nicht gleichen, als sie nie röhrenförmig gestaltet, sondern wie alle Spalten stets flächenartig ausgebreitet sind. Unausgefüllte oder nur theilweise und nur mit Thon ausgefüllte Gangspalten pflegt man „Klüfte", auch wol

„Lettenklüfte“, „faule oder taube (d. h. erzleere) Klüfte“ zu nennen. Die Gesteinsmassen, welche einen Gang zu beiden Seiten einschließen, nennt man sein „Nebengestein“, und wenn der Gang nicht senkrecht, sondern schräg steht, auf der obern Seite „Hangendes, auf der untern „Liegendes“. Die horizontale Richtung der Gangfläche wird sein „Streichen“ genannt, und die steilste Richtung in seiner Ebene das „Fallen“.

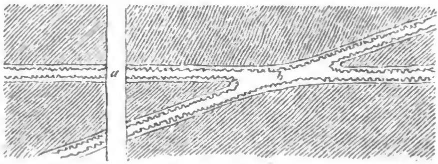
Die Gänge durchsetzen das Nebengestein oft ganz ohne Rücksicht auf dessen eigene Textur und Begrenzung, während sie in andern Fällen allerdings gewissen Texturflächen, z. B. denen der Schieferung oder der Schichtung, oder auch den Grenzflächen zweier Gesteine folgen. Die der Schieferung oder der Schichtung parallelen Gänge nennt man „Lagergänge“, die auf der Grenze zweier Gesteine fortsetzenden „Kontaktgänge“. Wenn in einer Gegend



viele Gänge mit einander gruppirt sind, so entstehen dadurch, wenn sie unter einander ziemlich parallel sind, „Gangzüge“, wenn sie aber einander nach vielen Richtungen hin durchschneiden und durchsetzen, „Gangnetze“ oder „Trümmerstöcke“.

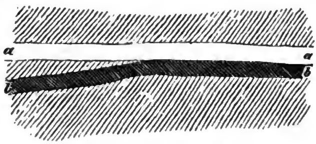
Wo irgend zwei Gänge einander durchschneiden, da bilden sie ein Gangkreuz, welches man „Winkel- oder Schaarkranz“ nennt (siehe a und b der nächsten Figur), je nachdem der Durchschneidungswinkel sich einem rechten nähert, oder sehr spitz ist. Wenn bei einem solchen „Gangkreuz“ der eine Gang den andern durchschneidet, so sagt man, er „durchsetzt“ ihn (siehe die nächste Figur

bei a). Es versteht sich von selbst, daß der durchsetzende Gang allemal jünger sein muß, als der durchsetzte, da er in demselben eine Spalte ausfüllt, während dagegen zwei Gänge, die sich kreuzen,



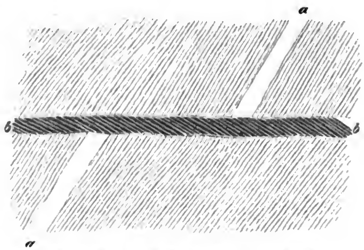
a Winkelkreuz und Durchsetzung, b Schaarkreuz ohne Durchsetzung.

ohne daß einer den andern durchsetzt (siehe bei b), nothwendig von gleichem Alter sein müssen. Außer diesen gewöhnlichen Kreuzungen der Gänge gibt es nun auch noch mit „Schleppung und Verwerfung" verbundene. Man sagt nämlich: „ein Gang schleppt den andern", wenn er ihn beim Zusammentreffen aus der ursprünglichen Richtung ablenkt



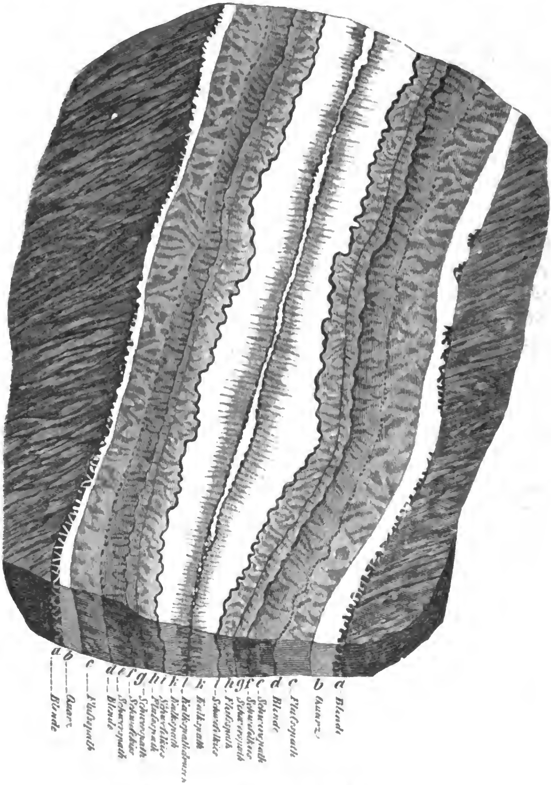
Der Gang a schleppt den Gang b.

und ein Stück parallel neben sich fortzieht (siehe vorhergehende Figur), und eine „Verwerfung" wird es genannt, wenn bei dem Aufreißen der neuern (den ältern Gang durchsetzenden) Gangspalte die eine Spaltenwand um etwas nach oben, nach unten, oder nach der Seite verschoben worden ist, sodaß nun die beiden Hälften des durchsetzten Ganges nicht mehr genau auf einander passen (siehe vorstehende Figur).



Der Gang a ist durch den Gang b verworfen.

Diese Erläuterung von Erscheinungen, die an Gängen und namentlich auch oft an Erzgängen beobachtet werden, glaubte ich



Symmetrisch lagenförmige Gangstruktur.

vorausschicken zu müssen, damit der Leser das Nachfolgende leichter verstehe.

Die Ausfüllung der Erzgänge zeigt keineswegs immer eine den andern Gesteinen entsprechende Textur. Nur sehr selten sind in ihnen die Bestandtheile körnig, porphyrartig, oder dicht mit einander verbunden; weit häufiger liegen sie in größeren unregelmäßigen Partien „massig" in und neben einander oder sie sind „lagenförmig" angeordnet der Art, daß von den beiden Spaltenwänden, den „Saalbändern" des Ganges, nach der Mitte zu sich immer zu beiden Seiten dieselben Mineralschichten wiederholen. Man nennt dies die symmetrisch lagenförmige Gangstruktur, und sie wird sich am besten durch nebenstehende Zeichnung deutlich machen lassen. Es ist diese lagenförmige Gangstruktur, welche im Querschnitt das Ansehen eines gestreiften Bandes darbietet, und deshalb von Manchem auch bandförmig genannt wird, offenbar dadurch entstanden, daß die einzelnen Lagen nach einander und auf einander gebildet wurden, und zwar zuerst die beiden sich entsprechenden an den Spaltenwänden, dann jedesmal die nächsten nach der Mitte zu einander entsprechenden zwei Lagen, bis endlich die ganze Spalte ausgefüllt war.

Während also bei der massigen Gangtextur die metallischen Mineralien oder Erze ganz unregelmäßig zwischen den nichtmetallischen oder sogenannten „Gangarten" vertheilt sein können, sind dieselben bei der lagenförmigen Struktur oft in einzelne Schichten vertheilt, welche den Spaltenwänden parallel mit andern nichtmetallischen Mineralschichten wechseln. Aber auch in diesen Gängen, wie in denen mit massiger Textur, sind nicht alle Regionen erzhaltig oder gleich reich an Erzen, vielmehr wechseln in der Regel sogenannte „taube Mittel" mit erzhaltigen oder erzreichen (Erzfällen, Erzmitteln, Erznestern) ab.

Außer den in den Spalten selbst gebildeten Mineralien und Erzen enthalten viele Gänge auch noch größere oder kleinere Fragmente des Nebengesteins, welche bei dem Aufreißen der Spalte losgebrochen und auf irgend eine Weise darin hängen geblieben sind. Dadurch wird dann die Gangausfüllung oft breccienartig. Manchmal sind diese Bruchstücke auch wol von krystallinischen Mineralzonen glorienartig umgeben, in welchem Falle die Textur „Sphärentextur" genannt worden ist. Die Figur auf S. 228 zeigt ein sehr deutliches Beispiel dieser Art von der Grube Christbescheerung bei Freiberg. Die Bruchstücke sind in diesem Gang-

theil Glimmerschiefer; die sie einhüllende krystallinische Masse besteht aus Quarz mit etwas Schwefelkies.



Ein Stück Sphärengestein aus dem Peter stehenden Gang bei Freiberg.

Unter den Erzen, welche man in Erzgängen zu finden und aus ihnen bergmännisch zu gewinnen pflegt, sind folgende die häufigsten: Magneteisenstein, Rotheisenstein, Brauneisenstein, Spatheisenstein, Manganerz, Zinnerz, Bleiglanz (oft silberhaltig), weiß, grün und gelb Bleierz, Blende (oft silberhaltig), Schwefelkies (zuweilen silber- oder goldhaltig), Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Fahlerz (silberhaltig), Malachit, Kupferlasur, gediegen Kupfer, Arsenkies (zuweilen silber- oder goldhaltig), gediegen Arsen, Kobaltkies, Speiskobalt, Nickelkies, Rothgiltigerz, Weißgiltigerz, Burnonit, gediegen Silber, gediegen Gold, gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober u. s. w. Die andern Mineralien, auch wol „Gangarten" genannt, welche in Erzgängen besonders häufig mit

den Erzen verbunden aufzutreten pflegen, sind namentlich: Quarz, Kalkspath, Braunspath, Manganspath, Schwerspath, Flußspath, Chlorit, Glimmer, Amphybol, Pyroxen, Granat, Apatit, Steinmark u. s. w. Es sind das also meistentheils ganz andere Mineralien als die, welche in den krystallinisch gemengten Gesteinen aufzutreten pflegen und viel mehrere. Aber nicht alle diese metallischen oder nicht metallischen Mineralien findet man in einem Gange beisammen, sondern immer nur eine gewisse Auswahl derselben der Art, daß auch diese Mineralvereinigungen nicht ganz zufällig und ungesetzmäßig erscheinen. So finden sich z. B. die Silber- und Bleierze vorzugsweise zusammen mit Quarz, Kalkspath, Braunspath, Manganspath und Flußspath (z. B. bei Freiberg), die Golderze mit Quarz (z. B. in den Salzburger Alpen), die Zinnerze mit Quarz, Glimmer, Wolfram und Apatit (z. B. bei Zinnwald und Ehrenfriedersdorf in Sachsen), das Magneteisenerz mit Pyroxen, Granat u. s. w. (z. B. bei Schmiedeberg am Thüringerwalde). Ferner zeigen sich die einzelnen Mineralien nicht unregelmäßig durch einander geworfen, sondern fast stets in bestimmter Weise auf und über einander krystallisirt der Art, daß man erkennen kann, welches zuerst und welches später gebildet wurde. Besonders häufig sind in den Gängen auch Drußenräume, unregelmäßige Höhlungen, deren Wände ganz mit Krystallen irgend eines oder mehrerer Mineralien bedeckt sind. Und auch da sind es immer wieder gewisse Mineralien, welche vorzugsweise in den Drußen auftreten, während andere fast nur in der kompakten Gangmasse gefunden werden.

Auch die Art und Textur des Nebengesteins ist keineswegs ohne Einfluß auf die Mineralien und Erze, welche in den Gängen auftreten. Wenn ein Gang mehrere Gesteinsarten durchsetzt, so zeigt er oft zwischen den einzelnen eine ungleiche Beschaffenheit, eine verschiedenartige Zusammensetzung aus Mineralien und Erzen, was natürlich für den praktischen Bergmann von sehr großer Wichtigkeit ist. Aber nicht nur die Natur der Gänge ist in gewissem Grade vom Nebengestein abhängig, sondern es hat auch die Bildung der Gänge einigermaßen auf das Nebengestein zurückgewirkt. Es sind dadurch in der Nähe derselben Veränderungen, Zersetzungen, Färbungen oder Imprägnationen des Nebengesteines (mit gewissen Mineralien oder Erzen) hervorgebracht worden.

Manchmal ist sogar das mit Erzen imprägnirte Nebengestein der Gänge selbst „abbauwürdig".

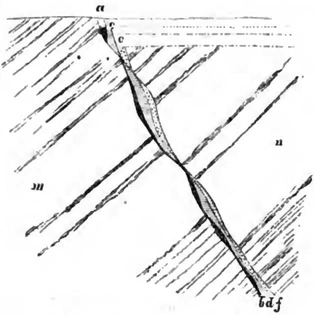
Man pflegt gewöhnlich die Erzgänge und die Erzlagerstätten überhaupt je nach den vorherrschend daraus gewonnenen Metallen zu unterscheiden und zu benennen, wobei jedoch zu bemerken ist, daß zuweilen mehrere Metalle aus derselben Lagerstätte gewonnen werden, wodurch natürlich die bestimmte Unterscheidung und Benennung sehr erschwert werden kann, besonders dann, wenn der Werth dieser Metalle ein ähnlicher ist. Auf diese Weise unterscheidet man z. B. Silbererzgänge, die gewöhnlich zugleich viel Blei enthalten, Kupfererzgänge, Bleierzgänge, Zinnerzgänge, Kobalt- und Nickelerzgänge, Antimonerzgänge, Goldgänge, Eisensteingänge, Manganerzgänge u. s. w. Analoge Bezeichnungen werden, wie gesagt, auch für die Lager, Stöcke und Imprägnationen angewendet.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Erzgänge unter allen Erzlagerstätten die bergmännisch wichtigsten sind, und das ist der Grund, warum ich gerade bei ihnen besonders lange verweile, und auch über ihre Entstehungsweise noch einige Bemerkungen anfüge. In dieser Beziehung sind zu unterscheiden: die Entstehung der Gangspalten und ihre Ausfüllung. Beide Vorgänge können möglicherweise von ganz verschiedenen Ursachen herrühren und in sehr ungleiche Zeiten fallen.

Die Bildung der Spalten ist ein durchaus mechanischer Vorgang, der aber wieder sehr verschiedenartig bewirkt worden sein kann. Man hat die Gangspalten zu erklären gesucht durch Austrocknen des Gesteines, durch einseitige Freilegung, z. B. bei Thalwaschung, wodurch eine Losziehung der Thalgehänge von der dahinter befindlichen Bergmasse bewirkt worden sein soll, und durch mancherlei ähnliche Umstände. Es ist auch nicht unmöglich, daß einzelne Gangspalten auf solche Weise gebildet worden sind; bei weitem die meisten tragen aber ganz den Charakter von Erschütterungsspalten an sich, wie sie noch jetzt zuweilen durch Erdbeben in der festen Erdkruste hervorgebracht werden. Namentlich stimmt damit der häufige Parallelismus vieler gegenseitig benachbarter Gangspalten überein, der sich gerade so auch bei den Erdbebenspalten zeigt. Auch hat man bei Erdbebenspalten ganz ähnliche Verschiebungen und Verwerfungen beobachtet, wie bei den Erz-

gängen. Es ist darum in hohem Grade wahrscheinlich, daß die meisten Gangspalten durch erdbebenartige vulkanische Erschütterungen hervorgebracht sind.

Der nachstehende Holzschnitt sucht den Vorgang jener Verschiebungen oder Verwerfungen bildlich zu versinnlichen, und zeigt dabei zugleich auf eine ideale Weise, wie dadurch sehr leicht die ganz ungleiche Weite oder Mächtigkeit derselben Gangspalte in ihren einzelnen Regionen hervorgebracht werden konnte.



Es ist hier angenommen, daß bei Aufreißung der gekrümmten Spalte unter a die Gesteinshälfte n, das sogenannte „Hangende", um Etwas auf dem „Liegenden" m hinabgerutscht sei. Je nachdem nun dieses Hinabgleiten soviel betrug, als die drei unter einander punktirten Horizontallinien andeuten, je nachdem mußten dadurch auch die ungleichen Spaltenformen a b oder c d oder e f bedingt werden.

Wie wurden nun aber die Erzgänge ausgefüllt? — Von oben, von unten oder von den Seiten her? Durch wässerige oder heißflüssige Solutionen? Das sind Fragen, deren Beantwortung die Geologen und Bergleute vielfach beschäftigt hat, und welche noch nicht als vollständig gelöst zu betrachten sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Ausfüllungswege und Arten alle möglich sind, ja es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß es wirklich Gangausfüllungen von jeder dieser Arten gibt, und daß sogar zuweilen in einem und demselben Gange mehrere Ausfüllungsarten nach einander thätig gewesen sind. Es kommt daher hauptsächlich darauf an, für die einzelnen Fälle die besondere Bildungsweise zu erkennen, und dann zu ermitteln, welcher Ausfüllungsweg bei gewissen Klassen von Gängen der vorherrschende ist.

Die Ausfüllung von oben (Descensionstheorie) wurde namentlich von Werner behauptet: er hielt alle Gänge für nur von oben ausgefüllt, und zwar durch Ablagerungen aus Wasser ganz in der Art, wie alle Flötzformationen Ablagerungen aus Wasser seien. Daß für die Hauptmasse der meisten Erzgänge eine solche Ausfüllungsweise nicht stattgefunden haben könne, ist längst erwiesen worden. Dennoch bleibt es unzweifelhaft, daß auch in manchen Erzgängen einige Bestandtheile durch Wasser von oben eingeführt sein können, nur jedenfalls in einer ganz andern Weise, als Werner es voraussetzte, und in sehr untergeordnetem Grade.

Die Annahme, daß die Bestandtheile der Erzgänge von der Seite her eingeführt seien, hat man Lateralsekretionstheorie genannt. Dieselbe setzt voraus, es seien die Bestandtheile der Gänge ganz oder größtentheils früher im Nebengestein vertheilt vorhanden gewesen, aus diesem aber ausgelaugt oder ausgeschieden und in den Spaltenräumen koncentrirt worden. Die Auflösung und der Transport der Bestandtheile soll dabei wesentlich durch Wasser bewirkt worden sein, nach Einigen vielleicht unter Mitwirkung galvanischer Ströme. Auch hier ist wieder unverkennbar und recht gut nachgewiesen, daß wirklich gewisse Bestandtheile auch in Erzgängen (noch deutlicher aber in manchen andern Mineralgängen) aus dem Nebengestein herrühren, aus diesem gleichsam auskrystallisirt sind. Aber ebenso sicher ist es, daß der größere Theil des Materials der meisten Erzgänge nicht aus dem unmittelbaren Nebengestein herrührt, sondern vor seiner Ablagerung einen ziemlich weiten Weg durch die Spalte, welche jetzt der Gang ausfüllt, zurückgelegt hat, wenn es auch irgendwo aus dem Nebengestein der Spalte entnommen worden sein sollte.

Die Ascensionstheorie endlich, welche die Ausfüllung der Erzgänge durch Emporsteigen des Ausfüllungsmaterials aus der Tiefe erklärt, nimmt an, dasselbe sei entweder im heißflüssigen Zustande oder in Wasser gelöst (im warmen mineralhaltigen Wasser) oder auch in Dampfform aus der Tiefe, aus dem Erdinnern — gekommen. Hiernach ist diese Erklärungsweise wieder eine dreifache, und es ist allemal für den einzelnen vorliegenden Fall zu entscheiden, ob man es mit einer heißflüssigen Injektion, mit einer Ablagerung aus heißem Wasser, oder mit einer Sublimation aus Dämpfen zu thun hat. Alle drei Bildungsarten schei-

nen in der That an Erzgängen nachweisbar, zuweilen getrennt von einander, zuweilen als der Zeit nach auf einander folgend in demselben Gange, und sogar auch wol noch mit einer der vorher erwähnten Bildungsweisen verbunden.

Die Mehrzahl der Erzgänge, namentlich die, welche, wie z. B. die Freiberger, vorzugsweise aus Quarz, Kalkspath, Braunspath, Schwerspath, Flußspath und Schwefelmetallen bestehen, scheint allerdings in der Hauptsache durch Ablagerung aus mineralhaltigen warmen Gewässern entstanden zu sein, welche in der Tiefe sich immer wieder aufs Neue mit Mineralsubstanzen schwängernd lange Zeit in den Zerspaltungen cirkulirten und dabei die ausfüllenden Mineralien ablagerten. Einige andere indessen, in denen sich Pyroxen, Amphybol, Granat, Feldspath u. s. w. als Gangarten finden, tragen das Gepräge gewaltsamer Einspritzung (Injektion) in heißflüssigem Zustande an sich, während nur spätere Wassercirkulation allerlei Veränderungen in denselben hervorgebracht zu haben scheint, und an noch andern bemerkt man deutliche Spuren von Sublimation oder von Sekretion aus dem Nebengestein, von Sublimation z. B. an Eisenglanzgängen, von Sekretion an Fasergyps und Kalkspathadern, in Gyps und Kalkstein.

So scheint es demnach, daß die Erzgänge in ihrer Totalität auf eine sehr ungleiche Weise gebildet worden sind. Jedenfalls aber zeigt die Mehrzahl der Erzgänge eine Beschaffenheit, aus welcher man schließen muß, daß ihre Ausfüllung nicht das Resultat eines plötzlichen und schnell vorübergehenden Vorganges war, sondern sehr langsam, oft in unermeßlich langen Zeiträumen erfolgte, wobei es häufig vorkam, daß während oder nach der ersten Ausfüllung dieselbe Spalte sich aufs Neue weiter öffnete, und so mehrfach wiederholt erweiterte. Auf diese Weise entstanden zuweilen deutlich als solche erkennbare Doppel- oder mehrfache Gänge unmittelbar neben oder sogar in einander. Dabei entstanden dann manchmal auch sogenannte Gangspiegel, d. h. glatt polirte oder parallel gestreifte Rutschflächen in den Gängen oder an ihren Spaltenwänden, wenn das wiederholte Aufreißen mit Verschiebungen verbunden war.

Die Bildung der Erzgänge gehört übrigens wahrscheinlich zu den noch fortdauernd, aber für manche Klassen derselben nur in großer Tiefe unter der Oberfläche stattfindenden geologischen Pro-

cessen, also zu den sogenannten plutonischen Bildungsvorgängen. Wenn wirklich ihre Bildung von der ersten Existenz einer starren Erdkruste an bis jetzt, aber für einige Arten derselben stets nur in großer Tiefe, stattgefunden hat, so erklärt sich dadurch der Umstand, daß man die Gebirgsmassen durchschnittlich um so häufiger von Erzgängen durchsetzt findet, je älter sie sind. Denn je länger sie, eben wegen ihres hohen Alters, diesem fortdauernd, nur mit wechselnder Lokalität und Energie stattfindenden Gangbildungsproceß ausgesetzt waren, um so häufiger können sie natürlich auch davon betroffen worden sein. Darum sind die krystallinischen Schiefergesteine besonders häufig von Erzgängen durchsetzt, nach ihnen die Grauwackenbildungen und die ältesten Eruptivgesteine, dann die mittleren Flötzformationen und die Eruptivgesteine mittlern Alters, und am seltensten die neuesten Flötzbildungen, so wie die basaltischen Gesteine und die neuen Laven. Die letzteren sind meist gar nicht bis zu so großer Tiefe unter ihre ursprüngliche Oberfläche aufgeschlossen, daß man darin die Arten von Erzgängen erwarten könnte, deren Bildung vorzugsweise an eine große Tiefe gebunden ist. In ihnen kann man nur die der Oberfläche zunächst stattfindenden Gangausfüllungen zu sehen hoffen, und das sind namentlich gewisse Eisensteingänge, die sich auch wirklich gerade in diesen Gesteinen vorfinden.

Noch eine für den Bergmann wichtige Erfahrung ist die, daß sich Erzgänge vorzugsweise nur da vorfinden, wo die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der Gesteine durch spätere Emportreibungen gestört, und wo dadurch einst tiefer liegende Regionen an die Oberfläche hervorgerückt sind, das ist also vorzugsweise in Gebirgen und in der Nähe der Durchbrüche alter Eruptivgesteine. Auch diese Erfahrung ist völlig im Einklang mit der versuchten Erklärung ihrer Entstehung.

Die auf S. 235 befindliche Figur zeigt uns in dem etwas dunkler schattirten Streifen einen Erzgang, wie er sich in der Grube „Vor Ort" ausnimmt.

2) Die Erzstöcke sind unregelmäßig oder unbestimmbar gestaltete Gesteinsmassen, in denen irgend ein metallhaltiges Mineral — oder mehrere (also Erze) — eingesprengt oder als so wesentlicher Bestandtheil auftritt, daß sie dadurch Gegenstand bergmännischer Gewinnung werden können. Auf diese Weise findet

man ziemlich häufig Magneteisenerz in großen zusammenhängenden Massen von unregelmäßiger Gestalt, so z. B. bei Schmiedefeld im Thüringerwalde, bei Fossum und Arendal in Norwegen, am Magnetberg Katschkanar am Ural u. s. w. Kupferkies verbunden mit



Erzgang in der Grube „Vor Ort".

Eisenkies und einigen andern Mineralien bildet zuweilen gewaltige Massen zwischen Thonschiefer oder krystallinischen Schiefern, so bei Goslar am Harz, bei Agordo in den Alpen, bei Fahlun in Schweden u. s. w. Ebenso finden sich zwischen den Schichten mancher Kalksteinformationen große unregelmäßige Klumpen — sogenannte

liegende oder stehende Stöcke — von Eisenstein, oder von Galmei und Bleiglanz, deren ganze Masse man mit großem Vortheil abbauen und verschmelzen kann. So z. B. bei Herges am Thüringerwalde und bei Tarnowitz in Oberschlesien.

Die ersteren oder sogenannten stehenden Stöcke hält man meist für eruptiv oder vielmehr injektiv, d. h. man glaubt, daß sie in großer Tiefe im heißflüssigen Zustande zwischen die umgebenden Gesteine eingedrungen und später nach ihrer Erstarrung durch Erhebung und Zerstörung ihrer Bedeckung freigelegt worden sind.

Die liegenden Stöcke zwischen deutlich aus Wasser abgelagerten Gesteinen, wie z. B. die Eisenstein-, Bleiglanz- und Galmeistöcke im Muschelkalk bei Tarnowitz in Schlesien, und die ähnlichen im Kohlenkalkstein des Ruhrthales, sind dagegen wahrscheinlich durch allmälige Zerstörung des dolomitischen Kalksteins und an dessen Stelle Ablagerung der Erze aus wässerigen Solutionen hervorgegangen. Auch Manganerze kommen zuweilen auf diese Weise vor.

3) Erzlager sind der Schichtung oder Schieferung parallele Einlagerungen in sedimentären oder metamorphischen Gesteinen, welche eine solche Beschaffenheit zeigen, daß sie sich dadurch als gleichzeitige Ablagerungen zu erkennen geben. Sie können leicht mit den Lagergängen verwechselt werden, und umgekehrt. Läßt sich die Gleichartigkeit ihrer Bildung mit dem Nebengestein — der „Sohle“ und dem „Dach“ — nachweisen, so sind es wahre Lager; läßt sich aber aus einzelnen Umständen, z. B. aus eingeschlossenen Bruchstücken oder aus gangförmigen Verzweigungen (Ramifikationen oder Ausläufern, vergl. die Figur auf Seite 224), deutlich erkennen, daß sie erst später zwischen das umgebende Gestein hineinkamen, so hat man sie als Lagergänge zu betrachten, welche nur deshalb der Schichtung oder Schieferung des Gesteins parallel erstreckt sind, weil dasselbe in dieser Richtung am leichtesten spaltete.

In Form von Lagern findet man besonders folgende Erze in den dabei bemerkten Schicht- oder Schiefergesteinen. 1) Raseneisenstein als ganz neue Bildung an der äußern Erdoberfläche. 2) Brauneisenstein in fast allen Formationen. 3) Rotheisenstein in krystallinischen Schiefern. 4) Magneteisenstein in krystallinischen Schiefern. 5) Thoneisenstein (Sphärosiderit) in der Braun- und Steinkohlenformation. 6) Kupfer- und Eisenkies

in krystallinischen Schiefern. 7) Kupferschiefer in der Zechsteinformation.

Die Entstehung der Erzlager entspricht der der Sedimentärgesteine überhaupt. Raseneisenstein entsteht durch einen Niederschlag aus eisenhaltigen stagnirenden Gewässern, namentlich in sumpfigen Gegenden, wo organische Körper verwesen. Aehnlichen Ursprung können vielleicht auch einige der andern älteren Eisensteinlager haben, während sie später mancherlei Umwandelungen erlitten. Die Bildungsweise des Kupferschiefers ist noch etwas räthselhaft. Mit ihm zusammen finden sich eine Menge versteinerter Fische unter solchen Verhältnissen, daß man daraus geschlossen hat, sie müßten eines plötzlichen Todes gestorben sein. Darauf gründet sich die Vermuthung, der Metallgehalt des Kupferschiefers sei etwa durch Zerspaltungen des Bodens in ein Meeresbecken eingeströmt, in welchem Ablagerungen von Mergelschlamm stattfanden, und dadurch seien gleichzeitig die Erzbildungen bedingt und die vorhandenen Fische vergiftet worden, und deshalb in so großer Zahl mit gekrümmten Körpern zur Versteinerung gekommen. Aber das ist nur Hypothese.

Zu den Lagern gehören auch noch die sogenannten Seifenlager, welche aus losen Gesteinsanhäufungen, Lehm, Sand, Kies, Schutt oder Gerölle mit Metallkörnern bestehen. Die Metalltheile befinden sich in ihnen nicht auf ursprünglicher, sondern auf sekundärer Lagerstätte, d. h. sie entstanden ursprünglich unter andern Verhältnissen, als die sind, unter denen sie sich vorfinden. Das sie auf irgend eine Art ursprünglich einschließende Gestein wurde von seiner Oberfläche aus zerstört und theilweise weggeschwemmt, wobei dann die Metall- oder Erztheile als schwerer, entweder mit einigen Ueberresten (Schutt) des Gesteins an Ort und Stelle liegen blieben, oder vom Wasser etwas, aber nicht so weit, mit fortgeführt wurden, als der größere Theil des Gesteinsmaterials. Danach lassen sich wieder zwei Arten von Seifenlagern unterscheiden, erstens solche, in welchen die Metalltheile nur ausgewaschen, aber nicht, oder wenigstens nicht weit fortgeschwemmt sind, und zweitens solche, in welchen sie zugleich eine beträchtliche Strecke von dem Orte ihrer Auswaschung fortgespült wurden. Die ersteren sind charakterisirt durch den schuttartigen, nicht abgerundeten nur verwitterten Zustand des einschließenden Materials; die letz-

teren durch feinen Sand oder abgerundete Geschiebe, mit denen sie sich verbunden zeigen. Bei beiden hat gewöhnlich eine Koncentrirung der metallischen Theile stattgefunden, ähnlich der, welche durch den sogenannten Wäsch- oder Aufbereitungsproceß der Bergleute künstlich hervorgebracht wird: es sind die Zerstörungsprodukte der ursprünglichen Felsmasse einigermaßen nach ihrer specifischen Schwere gesondert und geordnet, und man findet darum die schweren Erztheilchen, die vorher sehr zerstreut gewesen sein können, mehr koncentrirt. Dieser Umstand, so wie die Lockerheit der einhüllenden Massen, erleichtert die Gewinnung der Metalle oder Erze aus Seifenlagern ganz außerordentlich. In vielen Fällen würde dieselbe ohne diesen vorausgegangenen natürlichen Zerstörungsproceß gar nicht mit Vortheil möglich sein. Bei der Gewinnung pflegt man den natürlichen Sonderungsproceß im gesteigertem Grade nachzuahmen, d. h. man sucht immer wieder die leichteren Theile von den schwereren durch Wasser abzuschwemmen. Dies nennt man auswaschen oder ausseifen, und daher die Benennung Seifenlager oder Seifengebirge, Goldseifen, Zinnseifen u. s. w. Auch viele Orte in Gebirgsgegenden haben dadurch ihre Benennung erhalten, z. B. mehrere Städte, welche den Namen Seifen führen.

Auf diese Weise, in solche Seifenlager eingeschlossen, kennt man besonders Gold, Platin, Zinnerz, Magneteisenerz und Diamanten. Also gerade die edelsten weil am schwersten zerstörbaren und zum Theil specifisch sehr schweren Metalle und Edelsteine werden ganz vorzugsweise aus Schutt, Sand und Schlamm ausgegraben und ausgewaschen, während die meisten andern Erze nie in Seifenlagern gefunden werden, weil sie sich während ihrer Abschwemmung zersetzten. Das Platin wird bis jetzt nur in Seifenwerken gewonnen, das Gold vorherrschend, d. h. die berühmtesten und reichsten Goldgruben sind Seifenwerke, so die am Ural und Altai, in Aschanti (an der Goldküste), in Australien und Californien. Diamanten, die ich hier ausnahmsweise bei den Metallen mit erwähnt habe, gewinnt man ebenfalls nur aus Sand und Schlammschichten (in Brasilien, Ostindien und Sibirien), während man sie allerdings neuerlich in Brasilien auch im Muttergestein anstehend entdeckt hat.

Das Zinn wurde früher sehr viel aus Seifenwerken aus-

gewaschen, so im Erzgebirge, im Fichtelgebirge, in Cornwall und auf der Insel Banka, während es neuerlich vorzugsweise aus dem Gestein selbst oder aus Gängen gewonnen wird.

4) Erzimprägnation nennt man das sehr vertheilte Vorkommen von Erzen oder Metalltheilen in Gesteinen. Es sind Lagerstätten ohne bestimmte Form und ohne scharfe äußere Umgrenzung. Man kann noch selbständige und unselbständige Imprägnationen unterscheiden. Die ersteren treten ohne Verbindung mit andern Erzlagerstätten auf, die letzteren dagegen sind von solchen abhängig, gehen von ihnen aus, d. h. es sind vereinzelte Erztheile von Gängen, Stöcken oder Lagern aus, in deren Nebengestein eingedrungen und haben dasselbe imprägnirt.

Als selbständige Imprägnationen findet man z. B. Magneteisenerz in krystallinischen Schiefern; Zinnerz im Granit oder Gneisen; Quecksilbererze in bituminösem Schiefer u. s. w. Unselbständige Imprägnationen finden sich neben den verschiedenartigsten anderen Erzlagerstätten.

Nach diesen verschiedenen Arten des Metallvorkommens zerfallen nun auch die bergmännischen Gewinnungsarten der Erze in sehr verschiedene, namentlich in den Stockwerksbau oder Pfeilerbau (bei stockförmigen Erzmassen), in den Strecken-, Försten- und Stossenbau (auf Gängen), in den Strecken- und Pfeilerbau (auf Lagern), in den Tageabbau auf Stöcken, Raseneisenstein- und Seifenlagern, bei letzteren oft verbunden mit großartigen Auswaschungen.

Wenn ich nun aber hier zuletzt noch mit Bestimmtheit angeben sollte, woher eigentlich die Metalltheile in diesen verschiedenen Erzlagerstätten stammen, so würde ich dadurch in große Verlegenheit gerathen. Ich könnte nur antworten: die meisten Metalltheile stammen sehr wahrscheinlich aus dem Erdinnern, und sie waren, ehe sie in Lagerstätten vereint wurden, sehr wahrscheinlich höchst vertheilt in den Gesteinen der festen Erdkruste vorhanden. Manche Metalle, wie z. B. das Eisen, sind nachweisbar in kleinen Theilen so häufig in fast allen Gesteinen fein vertheilt vorhanden, daß es nur einer Koncentrirung dieser vertheilten Atome, etwa durch Wasser, bedarf, um eine Erzlagerstätte daraus herzustellen.

IX.

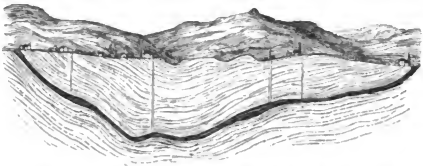
Die Kohlenlager.

Wichtigkeit der Kohlenlager. — Vegetabilischer Ursprung derselben. — Steinkohlen. — Deren Lagerung. — Mächtigkeit und Verbreitung. — Braunkohlen. — Deren Lagerung. — Unterschiede zwischen Stein- und Braunkohlen. — Entstehung der Stein- und Braunkohlen. — Durch Torfbildung. — Durch Zusammenschwemmung von Pflanzenresten. — Durch Meerespflanzen. — Pflanzenformen der Steinkohlenbildungszeit. — Pflanzenformen der Braunkohlenbildungszeit. — Umwandelungsreihe der Kohlen. — Zur Kohlenbildung nöthige Zeiträume. — Winke über Aufsuchung von Kohlenlagern.

In der Reihe der geschichteten Gesteinsablagerungen der festen Erdkruste finden sich auch brennbare Mineralien, Stein- und Braunkohlen. Wo man angefangen hat sie zu benutzen, da haben sie einen unermeßlichen Einfluß geübt auf den Anbau und die Industrie der Gegend. — Hunderte von hohen dampfenden Essen und Fabrikgebäude der verschiedensten Art pflegen solche Gegenden zu bezeichnen, in denen man fossile Ueberreste von Pflanzen als Brennmaterial benutzt, die vor vielen Jahrtausenden gewachsen sind. Die hohe Wichtigkeit der Kohlenlager für das praktische Leben fordert um so mehr auf, ihren Ursprung und die Art ihres Vorkommens näher zu untersuchen.

Daß die Kohlenlager im Erdinnern von Pflanzen herrühren, ist unverkennbar. Nicht nur die deutlichen Pflanzenüberreste, welche als Abdrücke und Steinkerne darin vorkommen, beweisen es, sondern man kann auch in den Kohlen selbst durch geschickte Manipulationen oft noch die Ueberreste pflanzlicher Textur erkennen. Aber die Pflanzen, durch deren Anhäufung die Stein- und Braunkohlen gebildet worden sind, weichen nicht nur von den jetzt lebenden ab, sondern sie sind auch unter sich in den einzelnen Formationen,

in welchen Kohlen gefunden werden, durchaus verschieden. Die der Steinkohlenformation sind z. B. ganz andere als die der Braunkohlenformation, jene sind noch weit abweichender von den jetzt grünenden Formen, als diese.



Querschnitt der Kohlenmulde bei Rive-de-Gier in Frankreich.

Ob aber die Pflanzen, welche das Material zu diesen wichtigen Bodenschätzen geliefert haben, an Ort und Stelle wuchsen, oder ob sie von entlegenen Punkten zusammengeschwemmt wurden, ist eine nicht immer so leicht und nicht gleichmäßig für alle Kohlenvorkommnisse zu entscheidende Frage. Bei einigen läßt sich freilich der eine oder der andere dieser Vorgänge ziemlich deutlich nachweisen, bei andern aber bleibt vorläufig der Ursprung in dieser Beziehung noch unentschieden. Ehe wir jedoch auf diese Erörterungen weiter eingehen, wird es gut sein, Einiges über die gewöhnliche Lagerungsweise der Kohlen zu sagen.

Im mittlern Europa kennen wir vorzugsweise aus zwei Perioden Kohlenablagerungen; aus der ältern rühren die Steinkohlen her, aus der neuern die Braunkohlen. Diese beiden Kohlenarten unterscheiden sich wesentlich dadurch von einander, daß die ersteren härter, steinartiger sind, beim Ritzen ein schwarzes Strichpulver geben, und mit Kalilauge gekocht diese gar nicht oder nur sehr schwach braun färben, während die Braunkohlen, auch wenn sie äußerlich schwarz aussehen, braunes Strichpulver geben, und Kalilauge beim Kochen braun färben. Die Braunkohlen enthalten noch viel mehr Bitumen als die Steinkohlen und daher rühren hauptsächlich jene Unterschiede. Außer Braun- und Stein- (oder Schwarzkohlen) unterscheidet man aber noch eine Kohlenart unter der Benennung Anthrazit, welche noch weniger Bitumen enthält als die Steinkohlen, deshalb wie Koaks fast ohne Flammen und Rauch verbrennt, und sich im äußern Ansehen gewöhnlich

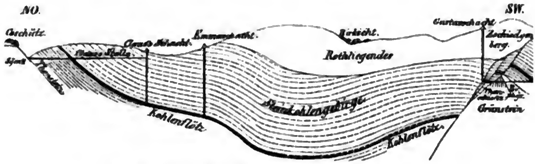
durch stärkern Glanz von der Steinkohle unterscheidet, weshalb man den Anthrazit auch Glanzkohle nennt. Ganz scharfe Grenzen bestehen jedoch zwischen diesen Kohlenarten nicht, es gibt Zwischenstufen zwischen ihnen, auch kommen sie keineswegs ganz ausschließlich in von einander getrennten und ungleich alten Formationen vor, obwohl das gewöhnlich allerdings der Fall ist.

Außer in der Stein- und Braunkohlenformation, die darnach benannt worden sind, kommen aber auch noch in andern Formationen Kohlenlager vor, die an manchen Orten sogar sehr stark benutzt werden, so gewinnt man z. B. in den Wesergebirgen sehr viel Kohlen aus der Wieldenformation, bei Fünfkirchen in Ungarn und bei Steierdorf im Banat aus Ablagerungen vom Alter der Leiasformation, und schwache Kohlenlager sind noch in vielen andern Formationen von ungleichem Alter bekannt. Ueberhaupt ist die Ablagerung keiner Altersperiode von der Kohlenführung ausgeschlossen, nur gehören die wichtigsten der bis jetzt bekannten Kohlengebiete jenen beiden Formationen, der Stein- und Braunkohlenformation, an, und ich werde deshalb vorzugsweise nur diese hier als charakteristische Beispiele für das Vorkommen der Kohlen in der festen Erdrinde besprechen.

Die Steinkohlenbildung ruht, wie sich von selbst versteht, stets auf älteren Gesteinen als sie selbst ist, z. B. auf Grauwackenablagerungen, auf Thonschiefer, Glimmerschiefer, Gneiß, Granit oder dergleichen, und ihre nächste Decke bildet in Deutschland, da wo sie überhaupt bedeckt ist, ganz in der Regel das Rothliegende, welches gewöhnlich durch grobe Konglomerate von rother oder braunrother Färbung charakterisirt wird. Diese rothen Konglomerate können deshalb in Deutschland recht wohl als Anzeichen betrachtet werden, daß man in ihrer Nähe, d. h. unter ihnen, Steinkohlenbildungen zu vermuthen habe.

Sehr häufig, doch keineswegs überall, hat man die Erfahrung gemacht, daß die Steinkohlenformation in muldenförmige Vertiefungen eingelagert ist, der Art, daß von den Rändern der ganzen Ablagerung aus die Schichten größtentheils nach der Mitte zu einfallen und dort folglich am tiefsten liegen. Zuweilen ist diese Form sogar an der äußern Bodenoberfläche erkennbar, wie z. B. bei Zwickau in Sachsen. Das ist aber durchaus nicht nothwendig und auch wirklich nicht immer der Fall. Die Muldenform kann

vielmehr eine durchaus nur unterirdische sein, der Art, daß die Oberfläche derselben sogar erhöht ist, wie die Figur auf S. 241



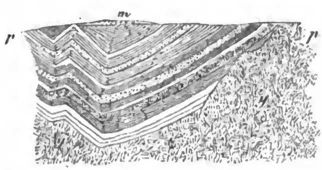
Nordöstlicher Theil der Potschappeler Kohlenmulde.

und selbst die hier vorstehend gegebene Zeichnung als Beispiele dar=stellen. Statt einer einfachen Schichtenmulde findet man oft auch eine zwei= und mehrfache (wie im nachstehenden Holzschnitte), oder



Querschnitt der doppelten Kohlenmulde bei St.=Pierre=la=Cour in Frankreich.
G Grauwacke. C Konglomerat. St Steinkohlenformation. t Tertiärschichten.

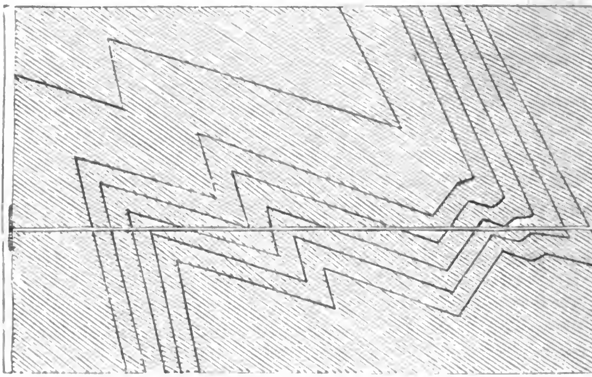
sehr starke wellenförmige Biegungen und Windungen aller Schichten, auch wol Knickungen, wie bei Brassac (s. nachstehenden Holzschnitt)



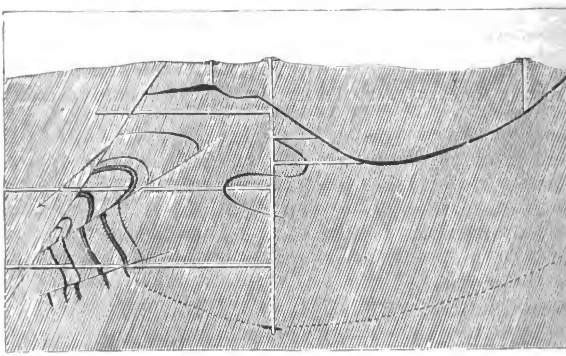
Querschnitt aus dem Kohlengebiet von Brassac in Frankreich.
y Gneiß. p Porphyr zwischen den Schichten der Kohlenformation. m ein Glied der Molassengruppe.

und Charleroi in Frankreich (s. S. 244), Zerreißungen und Ver=werfungen, durch sogenannte Sprünge, Rücken und Wechsel der=selben (siehe Abbildungen auf S. 244 u. 245), die dann allemal von späteren Bewegungen durch plutonische Thätigkeit herrühren

werden, von lokalen Hebungen oder Senkungen, von seitlichen Zusammendrückungen, oder von wirklichen Gesteinsemportreibungen.



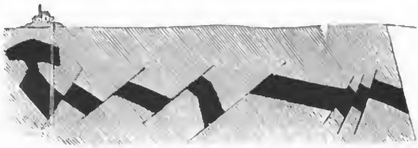
Knickung der Kohlenlager bei Charleroi in Frankreich.



Gebogene, zerrissene und verworfene Kohlenlager bei Vieille-Pompe (Saone und Loire) in Frankreich.

Besonders häufig findet man in Deutschland die Steinkohlenablagerungen von Porphyren oder von Grünsteinen begleitet, die

dann gewöhnlich theils älter, theils jünger als die Kohlenablagerung sind, theils von ihr überlagert werden, theils sie durchsetzen.



Vielfach verworfenes Kohlenlager bei Vieille-Pompe in Frankreich.

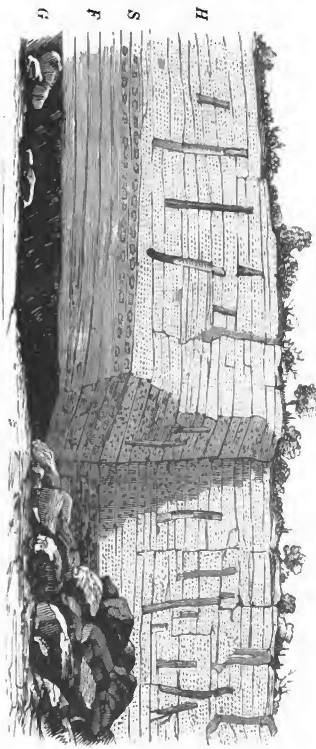
Aus diesem häufigen Zusammenvorkommen der Steinkohlen und der Porphyre schließt man, daß beide Bildungen in irgend einer ursachlichen Beziehung zu einander stehen, etwa der Art, daß eben durch das Empordringen jener Gesteine gewisse damals vulkanische Gegenden über das Meeresniveau erhoben wurden, und dadurch eine üppige Landvegetation gestatteten, aus deren Ueberresten die Kohlen gebildet sind.

In manchen Gegenden liegen aber auch die Steinkohlen auf große Strecken sehr ungestört und fast horizontal, so besonders in England, weshalb die eben beschriebenen Erscheinungen keineswegs als allgemeine und nothwendige betrachtet werden dürfen.

Für die bergmännische Gewinnung der Kohlen sind natürlich jene Störungen der Lagerung oft sehr nachtheilig, die regelmäßige Fortführung der Grubenbaue wird dadurch häufig verhindert, es sind auch wol die einzelnen Kohlenflötze dadurch sowol in ihrer Mächtigkeit als in ihrer Qualität ungleich geworden. Besonders findet man aber sehr gewöhnlich die sogenannten Ausgehenden der Kohlenlager, d. h. die Theile derselben, welche an die Oberfläche hervorragen, nicht nur dünner, sondern auch von schlechterer Beschaffenheit, als die tieferen Regionen, weshalb man sich denn durch solche schlechtere Ausgehende nie abhalten lassen darf, irgend ein Kohlenlager in größere Tiefe zu verfolgen, um erst da zu untersuchen, ob es gewinnungswürdig ist, oder nicht.

Die Schichten, welche die Steinkohlenlager einschließen, haben im Allgemeinen fast überall eine ziemlich ähnliche Zusammensetzung und Beschaffenheit, was wohl daher rühren mag, daß die für die Kohlenablagerung nothwendigen Bedingungen überall ähnliche wa-

ren. Diese Schichten, aus welchen die sogenannte Kohlenformation ganz vorherrschend zusammengesetzt zu sein pflegt, sind graue Schieferthone und Sandsteine, sogenannte Kohlenschiefer und Kohlensandsteine, beide außer ihrer vorherrschend grauen Färbung gewöhnlich auch noch charakterisirt durch Abdrücke von Pflanzen, besonders von Farrenkräutern, Equisetaceen, Lycopodiaceen und Stichmarien. Ein solcher Wechsel von grauen Schieferthonen und Sandsteinen bildet also die Hauptmasse der Steinkohlenformation, in demselben finden sich die Kohlenlager, deren Zahl und Mächtigkeit an den einzelnen Lokalitäten sehr ungleich ist. Außer den Kohlen finden sich zwischen jenen Hauptgesteinen zuweilen aber auch noch Schichten von Thonstein, Thoneisenstein oder selbst Kalkstein; auch geht der Sandstein manchmal in Konglomerat über. Die nebenstehende Figur mag ein ungefähres Bild geben von der gewöhnlichsten Zusammensetzung der Kohlenformation;



Aufrechtstehende Baumstämme in dem Kohlensandstein bei Treuil in Frankreich.
H Sandstein. S Kohlenschiefer mit Thoneisensteinnieren. F Kohlenschiefer mit Pflanzenabdrücken. G Steinkohle.

man muß nur diese Schichtreihe sich vielfach wiederholt über einander denken, oft blos aus wechselnden Lagen von Schiefer und Sandstein bestehend; zugleich zeigt dieses Bild uns das interessante

Vorkommen von aufrechtstehenden Baumstämmen in einer Sandsteinschicht.

Dieser Fall kommt in der Steinkohlenformation öfters vor, und zuweilen sieht man die oben abgebrochenen Stämme unten sogar noch mit ihren Wurzeln in einer thonig erdigen Schicht festsitzen, welche offenbar während ihres Wachsthums die Bodenoberfläche bildete. Die Baumstämme sind demnach an Ort und Stelle, als sie noch grünten, von neuen Ablagerungen umhüllt worden, wie das bei Ueberschwemmungen zuweilen auch jetzt vorkommt. Der obere Theil, die Krone des Baumes, starb dann natürlich bald ab und verweste, oder wurde abgebrochen, ehe die neue Ablagerung sie ebenfalls umhüllen konnte. Die aufrechtstehenden fossilen Baumstämme findet man stets noch rund, während die liegenden in der Regel sehr platt gedrückt sind.

Ich sagte schon, daß die Zahl und die Mächtigkeit der Kohlenlager örtlich sehr verschieden sei. Aehnliches gilt von der horizontalen Verbreitung; einige Beispiele aus der Wirklichkeit mögen das noch mehr veranschaulichen. Die gewöhnliche Dicke (Mächtigkeit) der einzelnen Steinkohlenlager wechselt zwischen einigen Zollen und 20 Fuß, sie steigt jedoch in seltneren Fällen bis über 40 Fuß, namentlich kennt man bei Dombrowa im russischen Polen ein 48 Fuß mächtiges und über 7000 Fuß ohne Unterbrechung fortsetzendes Flötz, während eines der mächtigsten Kohlenlager Englands, welches 1851 vor dem Glaspalaste in seiner ganzen Dicke ausgestellt war, die thick coal von Staffordshire, mit allen seinen sogenannten Zwischenmitteln nur 29 Fuß Dicke erreicht. Bei Braunkohlenlagern kennt man weit größere Dicken: so hat man z. B. die Braunkohlen bei Zittau in Sachsen an einer Stelle über 180 Fuß mächtig erbohrt, nur leider in keiner sehr guten Beschaffenheit. Im Kohlenbecken des Departement du Lot trieb man einen Schacht in dem 25 bis 30 Grad geneigten Steinkohlenlager 72 Fuß tief nieder, ohne die Kohlen zu durchbrechen, und man vermuthet aus gewissen Umständen, daß jenes Lager stellenweise die ungeheuere Mächtigkeit von 300 Fuß erreiche.

Kohlenschichten, deren Mächtigkeit nicht über 10 Zoll beträgt, zeigen selten viel Regelmäßiges in ihrer Erstreckung. Solche Verdrückungen, die keiner bestimmten Regel folgen, kommen, jedoch weniger häufig, auch bei stärkeren Kohlenlagern vor. Mächtige

Flötze pflegen meist durch „Zwischenmittel", durch Schieferschichten oder Schalen (sogenannte Scheren), in mehrere Bänke von größerer oder geringerer Stärke, gleichsam in mehrere Lagen, getheilt zu sein. Diese verschiedenen Bänke, bei deren Abbau die Zwischenmittel durchbrochen werden müssen, um von einer Kohlenlage zur andern zu gelangen, haben bei weitem nicht alle die nämliche Beschaffenheit und Güte; das Auftreten reiner Kohle ist in vielen Fällen höchstens bis zu einer Stärke von 10 Fuß anzunehmen, auch werden in der Regel nicht sämmtliche Lager eines und desselben Gebiets bauwürdig befunden. Die Zahl einzelner Kohlenschichten in diesen und jenen Gegenden ist, wie gesagt, sehr ungleich; nur läßt sich, wie bereits bemerkt worden, als entschieden ansehen, daß die Kohlenschichten, was ihre Menge und Dicke betrifft, den Sandstein- und Schieferlagen meist sehr nachstehen. In der Kohlenmulde des Plauischen Grundes bei Dresden kennt man 3—4 Flötze, in der bei Zwickau 9—14, welche alle ihre verschiedenen Namen erhalten haben. Das Becken bei Dudley in Worcestershire zählt 11 Kohlenflötze: nur eins davon wird abgebaut; aber seine Mächtigkeit beträgt zusammen, die dünnen sie durchziehenden Schieferschichten mitgerechnet, mehr als 30 Fuß. Bei New-Castle am Tyneflusse finden sich 40 Kohlenlager über einander, wechselnd mit Schiefern und Sandsteinen. Auch hier sind die meisten Kohlenschichten von so geringer Stärke, daß sie nicht abgebaut zu werden verdienen; man bearbeitet vorzüglich deren nur zwei, welche zwischen 6 und 7 Fuß Mächtigkeit haben. Die Kohlenformation der Gegend um Mons enthält, so viel man bis jetzt weiß, 115 bauwürdige Flötze, deren Stärke jedoch meist nicht bedeutend ist, da sie selten 3 Fuß erreicht. Die Kohlenformation auf der Südseite des Hundsrücks hat, mit den dasselbe begleitenden plutonischen Gesteinen, 7 bis 8 Stunden Breite und eine Längenerstreckung von 24 Stunden; es zählt gegen 164 Flötze, worunter freilich viele nur ganz schwach sind; die Summe ihrer Mächtigkeit beträgt 338 Fuß. Die so sehr bedeutende Ablagerung von Colebrooke-Dale, im westlichen England, hat nicht weniger als 135 Kohlenlagen, deren Gesammtmächtigkeit 500 Fuß beträgt. Ebenso ungleich an Mächtigkeit und Zahl der einzelnen Kohlenflötze ist nun aber auch die horizontale Ausbreitung der ganzen Gebiete. Die Kohlenmulde von Potschappel bei Dresden ist nur 2½ (geo-

graph.) Meilen lang und nicht ganz 1 Meile breit. Die Zwickauer Kohlenmulde kann, wenn man sie unter den Rothliegenden hinweg bis Flöhe als zusammenhängend betrachtet, auf 9 Meilen lang und 1 bis 2 breit geschätzt werden; das Gebiet am Hundsrück ist, wie wir oben sahen, 12 Meilen lang und 4 breit. Diese Ausdehnungen sind aber alle sehr gering gegen die einiger englischer Kohlengebiete, welche sich auf 15 bis 20 geogr. Meilen Länge und 5 bis 10 Meilen Breite an der Oberfläche zusammenhängend verfolgen lassen, während ihre unterirdische Fortsetzung offenbar viel größer ist und wol auf 50 geogr. Meilen geschätzt werden darf. Ganz England beschäftigt in mehr als 3000 Kohlengruben etwa 300,000 Menschen, und diese fördern jährlich über 1000 Millionen Centner Steinkohlen.

Noch weit größer aber sind die Flächenräume, welche von einigen der nordamerikanischen Kohlengebiete eingenommen werden. Das Pittsburger Flötz schätzt Rogers auf 100 Miles breit und 225 lang (etwa 14,000 Quadratmiles), das von Pennsylvanien, Ohio und Virginien 180 Miles breit und 720 lang (etwa 63,000 Quadratmiles); endlich hält Dale Owen den Flächenraum, welchen das Kohlengebiet von Illinois einnimmt, für nicht viel kleiner als ganz England. Außer den im Vorstehenden beiläufig genannten Lokalitäten kennt man echte Steinkohlen in Deutschland noch an den Rändern des Harzes und des Thüringerwaldes, in Schlesien, in Böhmen, bei Ibbenbühren, im Ruhrthal und bei Aachen. Im eigentlichen Süddeutschland, sowie in den Alpen sind nur geringe Spuren davon bekannt. In Italien, in Griechenland und in der Türkei, sowie in Skandinavien können sie nach den bisherigen Erfahrungen ebenfalls nur sehr untergeordnet und wenig verbreitet vorhanden sein; um so ausgebreiteter und mächtiger kennt man sie in Belgien und in vielen Theilen Frankreichs, in Schottland und Irland, auch scheint Spanien und Portugal keineswegs ganz arm daran zu sein.

Außerhalb Europa wurde Nordamerika als besonders durch Kohlenlager gesegnet bereits genannt. Aber auch in Neuholland und in Ostindien scheinen Steinkohlen von demselben Alter wie in Europa vorzukommen, wie man aus den sehr ähnlichen Versteinerungen schließen muß, welche mit denselben zusammen gefunden werden.

Weniger sicher ist das Formationsalter einiger anderer Steinkohlengebiete, die aber dennoch ihrer Natur nach hierher zu rechnen sind; so die vielen und großen Kohlenablagerungen, welche man in China schon seit mehr als tausend Jahren, also früher wie in Europa, ausnutzt, das ausgedehnte Kohlengebiet von Kousnetzk am Altai, die Kohlenlager am Burija im östlichen Sibirien, die Steinkohlen der Provinz Tsikusen in Japan, die Kohlen von Neusüdwales und Diemensland, von Java und Borneo, so wie die von Chile, des Plateaus von Santa Fé de Bogota und der Cordilleren von Huarocheri und Lanta, welche nach v. Humboldt bei Huanio gegen 14,000 Fuß über dem Meere, nahe dem ewigen Schnee, liegen sollen.

Ich überspringe jetzt die Kohlenlager, welche hier und da im Keuper als sogenannte Lettenkohle, im Leias, im Wielden (z. B. an der Porta Westphalica) und im Quadersandsteine beobachtet und zum Theil auch bergmännisch gewonnen werden, um sogleich zu der neuern Hauptkohlenbildung, zu den Braunkohlenablagerungen, überzugehen. Was die Geologen tertiäre Braunkohlengebilde nennen, ist stets jünger als die Kreideformation, liegt also, wo dieselbe zugleich vorhanden ist, über derselben, sehr oft jedoch auch auch auf weit älteren und zuweilen selbst unmittelbar auf den ältesten Gesteinen.

Die Unterlage der Braunkohlenformation ist demnach, wie sich eigentlich von selbst versteht, noch weit weniger auf bestimmte Formationen oder Gesteine eingeschränkt, als die der Steinkohlenformation. Ueber der Braunkohlenformation, worunter nicht blos die Kohlen selbst, sondern auch alle zugehörigen Schichten verstanden werden, liegt zuweilen gar nichts weiter; oft ist sie jedoch bedeckt von diluvialen Sand-, Lehm- oder Geschiebeablagerungen, auch wol von neueren Thon- oder Meereskalkbildungen, oder von Sandsteinen. Ihr Alter ist höchst wahrscheinlich nicht überall genau dasselbe, vielmehr scheint es, daß während eines großen Zeitraumes nach Ablagerung der Kreide (während der sogenannten Tertiärzeit) im mittlern Europa bald hier bald dort Braunkohlenablagerungen, in etwas ungleichen Zeiträumen, aber unter ziemlich ähnlichen äußeren Umständen gebildet worden sind.

Ganz ähnlich verhält es sich wahrscheinlich auch mit den einzelnen Steinkohlenablagerungen, die nicht alle von ganz gleichem

Alter zu sein scheinen, deren Bildung vielmehr nur in eine gemeinsame große Periode zusammenfällt.

Auch die Braunkohlen scheinen wie die Steinkohlen zuweilen in muldenförmige Vertiefungen der damaligen Erdoberfläche eingelagert worden zu sein; sehr deutlich z. B. bei Zittau in Sachsen; sie finden sich aber auch wie jene über große, fast ebene Flächenräume mit ungleicher Dicke ausgebreitet. So sind z. B. in den Gegenden von Zeitz, Merseburg, Leipzig, Wurzen, Halle, Dessau, Magdeburg, Halberstadt u. s. w. unter den diluvialen Sand- und Lehmablagerungen fast überall Braunkohlen zu finden, nur nicht überall in bauwürdiger Mächtigkeit und Qualität, und diese Kohlenbildung scheint von da aus in einem gewissen unterirdischen Zusammenhange zu stehen mit denen, die man in der Lausitz, im nördlichen Schlesien und in der ganzen norddeutschen Niederung an so vielen Punkten kennt.

Während wir die Steinkohlenablagerungen in Deutschland so besonders häufig von Porphyrgesteinen begleitet fanden, finden wir in Mittel- und Süddeutschland mit den Braunkohlen zusammen ganz besonders häufig Basalte und Phonolithe. So z. B. am Nordrande Böhmens, in der Rhön, am Meißner in Hessen, im Siebengebirge bei Bonn und in der Wetterau.

Auch das dürfte nicht ganz ohne genetischen Zusammenhang sein, zumal da diese Basalte und Phonolithe im Allgemeinen offenbar in ungefähr derselben Periode gebildet worden sind. Zuweilen zeigen sie sich älter als die Braunkohlen und sind dann regelmäßig von denselben überlagert; zuweilen aber sind sie entschieden neuerer Entstehung, haben dieselben gewaltsam durchbrochen, in ihrer ursprünglichen Lagerung mannigfach gestört und oft auch sehr stark chemisch verändert, in der Weise, wie man es von lavaartigen Gesteinen zu erwarten hat; sie haben z. B. die Kohlen in ihrer Nähe in Koaks umgewandelt.

Die mit den Braunkohlen zu einer Formation verbundenen Gesteinsschichten sind in gewissem Grade denen der Steinkohlenformation ähnlich. Es sind hauptsächlich thonige und sandige Gesteine. Aber die Thongesteine sind ebenso häufig nicht-schieferig als schieferig, und sie, wie die Sandsteine und losen Sand- oder Kiesablagerungen dieser Formation, zeichnen sich oft durch besonders helles, fast weißes Ansehen aus, während die Steinkohlen-

gesteine vorherrschend grau sind. Wie bei den Steinkohlen, so findet man auch bei den Braunkohlen zuweilen Thoneisenstein-Lager und -Knollen, und wie dort die Sandsteine und Schieferthone oft Pflanzenüberreste umschließen, so ist das auch hier der Fall, nur sind die Formen dieser Pflanzen durchaus andere, weit weniger von den jetzt existirenden Pflanzenformen abweichende, als in der Steinkohlenformation. Die Analogie zwischen diesen beiderlei Kohlengebilden ist somit groß, und wir werden sehen, daß die zwischen ihnen bestehenden Unterschiede sich größtentheils durch das sehr ungleiche Alter derselben erklären lassen. Diese Unterschiede sind namentlich 1) der größere Bitumengehalt der Braunkohlen und infolge davon der braune Strich derselben beim Ritzen, während das Strichpulver der Steinkohlen ganz schwarz ist; 2) der Umstand, daß in der Braunkohlenformation weit seltener so viele Kohlenlager über einander vorkommen, als in der Steinkohlenformation; 3) die gänzliche Verschiedenheit der beiderseitigen Pflanzenabdrücke; 4) die im Allgemeinen hellere Färbung der die Braunkohlen begleitenden Gesteine; 5) die oft größere Lockerheit dieser letzteren Gesteine und namentlich das seltenere Vorkommen der Schiefertextur an den Thongesteinen der Braunkohlenformation; 6) die häufige Begleitung der Steinkohlen durch Porphyre, während die Braunkohlen oft von Basalten begleitet sind.

Zu der Untersuchung übergehend, wie nun eigentlich sowol die Steinkohlen als die Braunkohlen entstanden sein mögen, müssen wir zunächst die Umstände berücksichtigen, unter welchen noch gegenwärtig große Anhäufungen von Vegetabilien oder deren Substanz entstehen; denn daß alle irgend bedeutenderen fossilen Kohlenablagerungen aus Pflanzenanhäufungen entstanden sind, unterliegt längst keinem Zweifel mehr. Nicht nur ihre ganze Lagerungsweise und die damit überall vorkommenden vielen Pflanzenabdrücke beweisen es, sondern man hat auch geradezu in so vielen Kohlen durch sorgfältige Präparation und genaue Untersuchung die Pflanzentextur noch deutlich erkannt, daß diese Frage längst als entschieden zu betrachten ist. Es fragt sich nur, unter welchen Umständen häuften sich die Pflanzentheile so massenhaft an? Und durch welche Vorgänge und chemische Processe wurden sie in ihren gegenwärtigen Kohlenzustand versetzt? Solche Pflanzenanhäufungen, von denen sich etwa denken ließe, daß sie die Veranlassung zu

Kohlenlagern werden könnten, erfolgen gegenwärtig: 1) durch das Uebereinanderwachsen der Pflanzen in Urwäldern, 2) durch Torfbildung, 3) durch Zusammenschwemmung durch Flüsse oder Meeresströmungen und 4) durch die sogenannten Fucoideenbänke im Meere.

Selbst das üppigste Uebereinanderwachsen der Pflanzen in einem Urwalde würde aber niemals hinreichen, Material für ein einigermaßen erwähnenswerthes Kohlenlager zu liefern. Es ist durch Versuche nachgewiesen und berechnet worden, daß der durch Waldvegetation auf irgend einer Oberfläche gebildete Pflanzenstoff niemals eine über einen Zoll dicke Steinkohlenschicht liefern würde, da der Kohlenstoff der in Wäldern verwesenden Pflanzentheile sich nicht fortwährend summirt, sondern durch Zersetzung und neue flüchtige Verbindungen in die Atmosphäre über- und also nach und nach verloren geht. Diese Art von Vegetation an Ort und Stelle ist demnach nicht geeignet, die Bildung einigermaßen mächtiger Kohlenlager zu erklären; auch ist durchaus kein Grund vorhanden, etwa anzunehmen, daß irgend eine vorweltliche Vegetation sich in dieser Beziehung ganz anders verhalten hätte, als die gegenwärtige. Daß sehr dünne Kohlenschichten auf diese Weise entstanden sein können, und hier und da auch wirklich entstanden sein mögen, unterliegt freilich gar keinem Zweifel; nur ist für die einigermaßen beachtenswerthen diese Erklärung ganz unhaltbar.

Ich wende mich zu der zweiten Art gegenwärtiger Pflanzenanhäufung, zu der Torfbildung. Gewisse Pflanzen, besonders einige Moosarten, wachsen bekanntlich an nassen Stellen der Art über einander, daß dadurch viele Fuß dicke filzige Anhäufungen entstehen, die oben immer noch fortwachsen, während die unteren Theile, gegen Verwesung geschützt, sich fester und fester zusammensetzen und jene brennbare Substanz bilden, die man Torf nennt. Diese Torflager erreichen in Deutschland zuweilen eine Mächtigkeit von 30—40 Fuß, noch weit dicker findet man sie in Irland; eines der großartigsten Beispiele ähnlicher Art liefert aber der große Moor, genannt „Great dismal", in Nordkarolina und Virginien, welcher, 25 Miles breit und 40 Miles lang, sich in der Mitte 12 Fuß höher erhebt als an den Rändern, auch das Bourtagner Moor zwischen Heseportwiß und Ruetenbrock an der Grenze von Holland, nimmt zusammenhängend einen Flächenraum von 25 geogr.

Quadratmeilen ein, und dehnt sich mit seinen Verzweigungen sogar über 60 Quadratmeilen aus. Es ist durchaus kein Grund vorhanden, warum Torflager nicht unter besonders günstigen Umständen, etwa in beckenförmigen Vertiefungen, eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fuß erreichen könnten und zwar in geologisch gar nicht allzu großen Zeiträumen, da sie ziemlich schnell wachsen und alle Wachsthumsresultate sich bei ihnen summiren. Mächtige Torflager haben nun aber in ihren tieferen Theilen mit manchen erdigen Braunkohlenlagern eine so große Aehnlichkeit, daß es dem ungeübten Beobachter ziemlich schwer fallen dürfte, sie allemal von einander zu unterscheiden. Ganz wie in den Torflagern sieht man zuweilen in der erdigen Braunkohle wohl erhaltene bituminöse Holztheile, ganze Wurzelstöcke, einzelne Zweige oder Früchte, von Pflanzen herrührend, die offenbar etwas anderer Natur waren, und darum ein anderes Produkt lieferten als die sie umschließende Hauptmasse. Die Aehnlichkeit zwischen manchen entschiedenen Braunkohlen und manchem Torf ist, sowol was die besondere Natur als die Art des Vorkommens anlangt, in der That so groß, daß es kaum bezweifelt werden kann, daß gewisse Braunkohlen, z. B. die der Gegend von Zeitz, aus antediluvialen Torflagern entstanden sind. Dazu gibt es ebensowol bedeckte Torflager, welche nur aus noch existirenden Moosarten zusammengesetzt sind (bei Mühlhausen in Thüringen 50 Fuß mächtig von Lehm bedeckt), als nur schwach bedeckte Braunkohlen, die sich durch Reste von ausgestorbenen Pflanzen als solche zu erkennen geben. Nun ist aber auch wieder die Verwandtschaft und Aehnlichkeit zwischen vielen Braun- und Steinkohlen so groß, daß man durchaus für beide nur analoge Entstehungsweisen annehmen kann. — Wir haben daher in der Torfbildung allerdings eine Ursache, durch welche sehr wahrscheinlich ein Theil der Braun- und Steinkohlenlager veranlaßt ist. Es wird aber, da es nicht die alleinige ist, darauf ankommen, für jeden besondern Fall zu erkennen, ob die Kohlen durch Torfbildung oder auf andere Weise entstanden sind. — Für mehrere Steinkohlenablagerungen, z. B. für die schlesischen, hat Herr Prof. Göppert den Torfursprung durch sehr sorgfältige Untersuchung hinreichend nachgewiesen, für andere aber diesen Ursprung als nicht ihrer Natur entsprechend bezeichnet. Die große faktische und noch größere mögliche Mächtigkeit der Torflager steht dabei sehr gut in Ueber-

einstimmung mit der großen und ungleichen Mächtigkeit mancher Kohlenlager. Die Torfbildung ist daher jedenfalls eine zweite sehr wahrscheinliche Ursache von Kohlenlagern.

Die dritte Art gegenwärtiger örtlicher Pflanzenanhäufungen ist die Zusammenschwemmung durch Flüsse oder Meeresströmungen. Die großen Flüsse noch nicht sehr kultivirter Länder, so die meisten Amerikas, reißen ungemein häufig an ihren Ufern wachsende Bäume oder andere Vegetabilien mit sich fort und führen diese einem Landsee oder dem Meere zu. Die Pflanzentheile werden, als sogenanntes Senkholz, nach und nach so von Wasser durchdrungen, daß sie bei nachlassender Strömung sich irgendwo auf dem Boden ablagern, sei das nun in einem Landsee, vor der Mündung des Flusses in das Meer, oder an weitentlegenen Punkten des Meeresbodens, wo sie durch Strömungen (als Treibholz) hingeführt werden. Alle diese Fälle können, wie sich von selbst versteht, so mächtige Anhäufungen von Pflanzensubstanz hervorbringen, als nur zu irgend einem Kohlenlager erforderlich sind, da ihre Resultate sich stets summiren, so lange sie in derselben Weise fortdauern. Aber die so gebildeten Kohlen müssen bei genauer Untersuchung ihren vorherrschend holzigen Ursprung erkennen lassen, und man wird den dabei vorkommenden noch deutlichen Pflanzentheilen auch größere oder geringere Beschädigung durch den Transport ansehen. Ja man wird ferner vielleicht unterscheiden können, ob die Ablagerung in einem Landsee, vor einer Flußmündung, oder in einer weit vom Ursprung der Pflanzen entlegenen Meeresbucht erfolgte, je nachdem zugleich etwa Reste von Süßwasserthieren, von Süß- und Seewasserthieren, oder nur von Meerwasserthieren damit zusammen vorkommen. Und wirklich hat man dergleichen Erscheinungen mehrfach beobachtet, auch enthalten die norddeutschen Braunkohlen an einigen Orten so abgerollte Holzstücke, daß man sie recht wohl für Treibholz halten kann. Also auch diese Entstehungsweise der fossilen Kohlen durch Zusammenschwemmen ist im Allgemeinen sehr wahrscheinlich, und wo sie die wirkliche ist, aus gewissen Umständen erkennbar. Zugleich steht diese wie die vorige Bildungsweise sehr gut in Uebereinstimmung mit der so häufigen beckenförmigen Lagerung der Kohlen.

Es bleibt uns nun noch die vierte mögliche Bildungsweise zu

betrachten übrig; es ist die durch **Anhäufung von im Meere wachsenden Fucoideen.** Man kennt mitten im Atlantischen Ocean einige Stellen, sogenannte Fucusbänke, an welchen so viele Seetange verworren in einander wachsen, daß sie dadurch der Schifffahrt geradezu hinderlich werden. Wenn nun diese großen Pflanzenmassen irgendwo auf dem Meeresboden zur Ablagerung kommen, so muß man wohl erwarten, daß daraus auch eine Art Kohlenbildung hervorgehe. Die uns näher bekannten Braun- und Steinkohlen können aber allerdings nicht aus solchen Seepflanzen entstanden sein, da man in ihnen jederzeit und beinahe nur Ueberreste von Landpflanzen vorfindet. Dagegen glaubt Herr Forchhammer nachgewiesen zu haben, daß wol die meisten Alaunschieferflötze, die doch in der Regel auch sehr kohlenhaltig sind, aus Anhäufungen von Fucoideen entstanden seien.

Wir haben somit drei bis vier mögliche Ursachen oder Arten der Kohlenbildung kennen gelernt, die man nur aus den besondern Umständen des lokalen Vorkommens für jeden besondern Fall zu ermitteln vermag. Eine Schwierigkeit für alle Erklärungsarten bleibt aber immer noch der häufige Wechsel mancher Kohlenlager mit andern Gesteinsschichten, wie z. B. in dem Gebiet von Saarbrücken, wo man überhaupt 164 einzelne Kohlenlager unterschieden hat, die durch Kohlenschiefer- und Sandstein von einander getrennt sind. Es setzt dieser Umstand ungleiche, aber stets wiederkehrende Perioden voraus, deren Verlauf sich nicht so ganz leicht denken läßt. Besonders schwer ist das da, wo vom Gestein umschlossene, noch aufrechte Pflanzenstämme darauf hindeuten, daß die Pflanzen an Ort und Stelle etwa in oder neben Torflagern gewachsen sind. Einige andere Umstände, welche als Schwierigkeiten für diese Deutungen erscheinen könnten, erklären sich dagegen sehr leicht. Ich meine die Lagerungsverhältnisse mancher Kohlenschichten: das Vorkommen 10—14,000 Fuß über, oder ebenso tief unter dem Meeresspiegel, so wie die steil aufgerichtete Stellung oder die vielfachen Biegungen, Zerreißungen und Verwerfungen der Schichten (vgl. die Abbildungen auf S. 244—246). Diese Umstände sind ganz einfach Folgen der vielen Bewegungen, welche, wie wir früher gesehen haben, durch die Wirkungen der vulkanischen oder plutonischen Thätigkeit in der festen Erdkruste stattgefunden haben. Dadurch sind sehr viele und große

Theile derselben ganz aus ihrem ursprünglichen Niveau gerückt, um viele tausend Fuß gehoben oder gesenkt, vielfach hat die Vertheilung von Wasser und Land gewechselt; der ursprüngliche Zusammenhang ist unterbrochen, die Schichten sind gebogen, zerbrochen, aufgerichtet und oft auf die sonderbarste Weise gegen einander verschoben worden. Auch ist es sehr natürlich, daß die weit älteren Steinkohlen durchschnittlich viel häufiger von solchen Störungen betroffen worden sind, als die Braunkohlen, da sie durch einen weit längern Zeitraum diesen fortdauernden Wirkungen des Erdbildungsprocesses ausgesetzt waren.

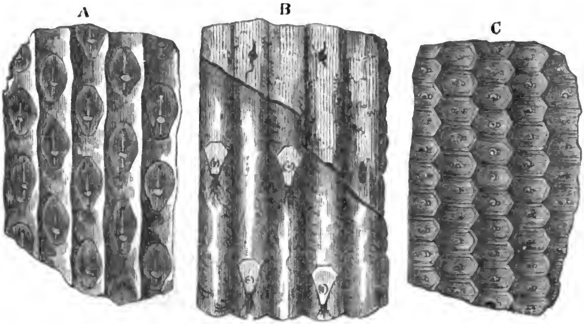
Wir haben bisher noch nicht näher die besondern Pflanzenformen betrachtet, durch welche sowol die Stein- als die Braunkohlengebilde sich auszeichnen, die man aber gewöhnlich am deutlichsten nicht in den Kohlen selbst, sondern in den sie begleitenden thonigen und sandigen Schichten als Abdrücke vorfindet, weshalb es denn auch voreilig sein würde, daraus sogleich zu schließen, es müßten die Kohlen selbst ganz und nur gerade aus den Pflanzenarten entstanden sein, deren Abdrücke man in den Schichten darüber und darunter vorfindet. Vielmehr scheint das etwas abgesonderte Vorkommen (wenigstens bei den torfartig gebildeten Kohlenlagern) anzudeuten, daß diese Pflanzen nur auf oder neben jenen wuchsen, welche die Hauptkohlenmasse bildeten. Dennoch sind sie es fast ausschließlich, welche uns einigermaßen ein Bild von der Flora jener Zeiten zu geben vermögen; auch hat Herr Prof. Göppert nachgewiesen, daß Reste von ihnen allerdings auch in den Lagern selbst vorkommen, die gänzlich in Kohle umgewandelt sind, nur bestehen die Kohlen keineswegs ganz und überall aus solchen. Herr Prof. Unger hat in seinen 14 vorweltlichen Landschaften (die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungsperioden), — von denen drei auf S. 258, 262 und 263 verkleinert wiedergegeben sind — diese Pflanzen, von denen man oft nur einzelne Theile kennt, zu vollkommenen Individuen zu ergänzen und in Landschaften zu gruppiren versucht, die aber natürlich nur als sehr idealisirte Darstellungen angesehen werden dürfen.

Betrachten wir zunächst die Steinkohlenzeitlandschaft auf S. 258. Was für sonderbare, von allen lebenden abweichende Pflanzen sehen wir da durch einander wachsen? Das ist kein Wald



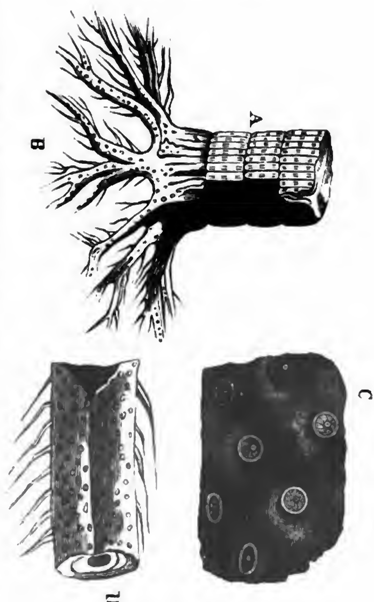
Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode.

unserer Zeit — weder in den gemäßigten Zonen, noch zwischen den Wendekreisen sieht man jetzt etwas Aehnliches. Da sind unter den Bäumen weder unsere Laub- und Nadelhölzer, noch die königlichen Palmen der Tropen zu finden. Diese Bäume sind vorherrschend große Equisetaceen, Lycopodiaceen und Farrenkräuter. Also



A. Sigillaria oculata. B. Sigillaria Voltzii oben ohne, unten mit Kohlenrinde. C. Sigillaria elegans.

fast lauter kryptogamische — blütenlose Pflanzen. Zu ihnen gesellt sich häufig noch ein ganz abnormer Baum, dessen Rinde in vielen Variationen den vorstehenden Abbildungen A, B und C ähnelt, während die dicken und selbst stammartigen Wurzeln ungefähr wie B, C und D auf S. 260 aussehen. Man hat, als man noch nicht wußte, daß beide zusammengehören, den Stamm dieser Pflanzen Sigillaria genannt, und die Wurzeln, B und C der nachstehenden Abbildung, Stigmaria. Es ist ein Baum, der offenbar nur in morastigem, etwa torfartigem Boden wachsen konnte, und dieser war in den Steinkohlenwäldern Europas, wie es scheint, der häufigste unter allen. Unsere Coniferen sind in diesen Wäldern nur sehr dürftig durch Bäume vertreten gewesen, welche den südamerikanischen Araukarien ähnelten. Fast alle diese Pflanzen, mit Ausnahme der letzteren auch die strauch- oder krautartigen zwischen den Bäumen, sind nicht nur blütenlose, sondern ihr allgemeiner Charakter ist auch ein tropischer, d. h. sie können nur in sehr warmen und zugleich wol sehr feuchtem Klima gewachsen sein,



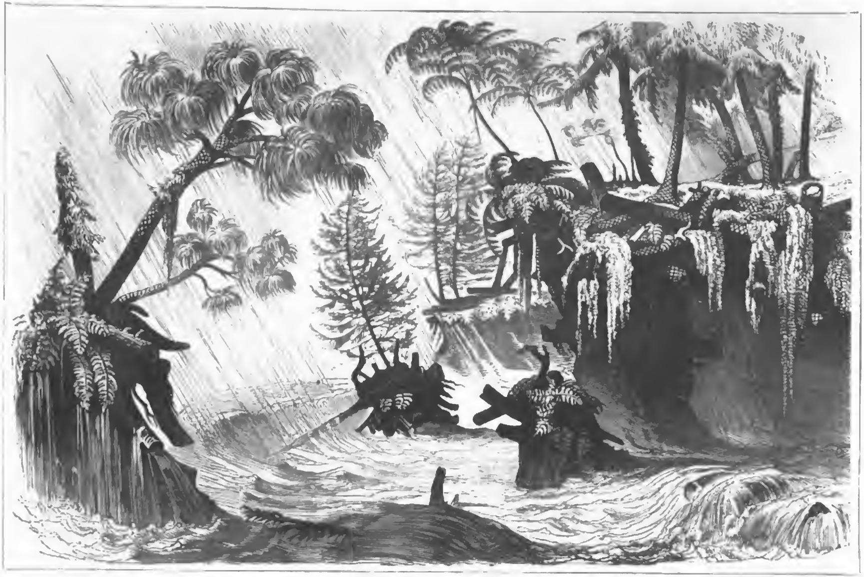
A. Sigillaria-Stamm. B. Dessen Wurzel, welche man Stigmaria genannt hat. C. Ein Stück Stigmaria in natürlicher Größe. D. Ein Stück dergleichen verkleinert, mit aufsitzenden Fasern.

sie würden nach ihrer ganzen Organisation keinen Frost haben bestehen können. Und dennoch finden wir sie fast übereinstimmend in den Kohlenbildungen Deutschlands, Frankreichs, Englands, Nordamerikas und Neuhollands, in Gegenden, wo es zum Theil sehr kalte Winter gibt. Das setzt also für jene Zeit nicht nur ein anderes, wärmeres und feuchteres Klima unserer Breiten voraus, sondern auch ein viel gleichförmigeres, als es gegenwärtig in von einander so entlegenen Gegenden des Erdkörpers besteht. — Während jetzt in ganz Nordamerika nur ein paar ursprünglich heimische, nicht eingeführte Pflanzen mit den europäischen übereinstimmen, außerdem aber alle der Art nach verschieden sind, hat man gefunden, daß von 53 gut bestimmten, der nordamerikanischen Steinkohlenformation angehörigen Pflanzen 35 ganz dieselben Arten sind, welche auch

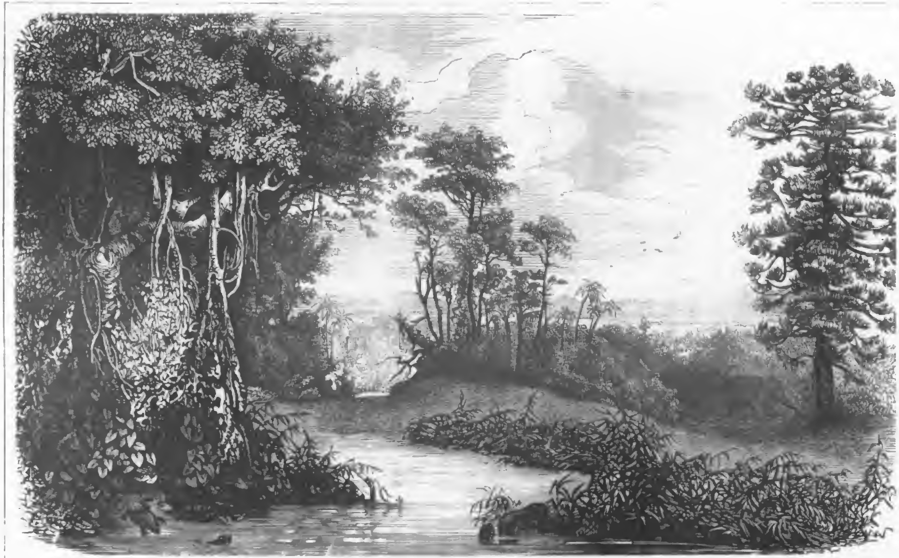
in Europa in dieser Formation vorkommen. Also die Erde muß wol in jener Zeit überhaupt wärmer, und ihre Temperatur und die klimatischen Verhältnisse müssen überall gleichmäßiger gewesen sein. Sonderbar, aber nicht eben schön möchte ich diese architektonisch verzierten Stämme und diese blütenlosen Wipfel nennen; noch reizloser (für menschliche Anschauung) müssen aber jene Wälder durch die große Armuth der Thierwelt gewesen sein. Da weidete und raubte kein Säugethier, da zwitscherte und nistete kein Vogel, selbst Reptilien und Insekten scheinen nur äußerst selten diese sumpfigen Wälder bewohnt zu haben. Eine unheimliche Stille mußte in ihnen herrschen, noch unheimlicher durch die wahrscheinlich stets trübe Atmosphäre.

Auf der zweiten Steinkohlenlandschaft, ebenfalls nach Unger (S. 262), ist dagegen das gewaltsame Zusammenschwemmen der Pflanzenreste dargestellt. Ein heftiger Regen strömt vom Himmel herab. Die dadurch gebildeten Fluten schneiden tiefe Betten in den torfigen Waldboden ein, dessen Gehalt an aufgeschwemmten Baumstämmen die mehrfache Wiederkehr ähnlicher Ereignisse verräth. Auf den Ufern stehen noch Gruppen von Lepidodendren, baumförmigen Farren und Equisetaceen (Calamiten); aber bald dürften auch sie das Loos ihrer Nachbarn und Vorgänger theilen, um irgendwo in der Nachbarschaft zu einem künftigen Kohlenlager angehäuft zu werden.

Wenden wir uns der Braunkohlenlandschaft zu (S. 263). Sie zeigt uns schon einen ungleich freundlichern Charakter, aber weit weniger originell, weit weniger abweichend von jetzigen Wäldern der Erde. Zwischen mancherlei Laub- und Nadelholzbäumen erheben einzelne stolze Palmen ihre gefiederten Wipfel; ein üppiges Unterholz sproßt überall empor. Die Landschaft ist uneben und sonnig; große Pflanzenfresser von exotischer Form beleben sie. Wieder begegnen wir den Araukarien (ganz rechts), begleitet von zahlreichen Cypressen, und beide scheinen in dieser Periode noch bei Weitem häufiger gewesen zu sein, als dies auf unserm Bilde ausgedrückt ist, da die leicht kenntliche Textur dieser Pflanzen unter den deutschen Braunkohlenhölzern die durchaus vorherrschende ist. Eines Baumes, der auf unserer Landschaft ebenfalls nicht besonders hervorgehoben ist, muß ich noch gedenken; es ist der, welcher den Bernstein lieferte (Pinites succinifer), dieses fossile



Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode.



Ideale urweltliche Landschaft: Braunkohlenperiode.

Harz, welches in den norddeutschen Braunkohlen so ungemein häufig gefunden wird, in sich eine außerordentlich reiche und in vielen Exemplaren trefflich erhaltene Insektenfauna einschließend. Nur zum Theil dieselben Insekten, von denen man 400 Arten specifisch bestimmt hat, kommen bei Oeningen in der Schweiz und bei Rodeboi in Kroatien auch in kalkigen und thonigen Schichten derselben Periode vor, woraus Herr Heer ebenfalls über 400 Arten bestimmte. Die Insekten sowol als die Pflanzen gehören meist noch lebenden Gattungen an, wenn auch die Arten meist ausgestorben sind. Ihre nächsten Verwandten leben gegenwärtig in beinahe tropischen Ländern, und man muß daraus schließen, daß das Klima Deutschlands damals immer noch ein viel wärmeres war als jetzt. Die zeitliche Aufeinanderfolge dieser beiden Vegetationsperioden, verglichen mit der gegenwärtigen, stimmen demnach vortrefflich mit der Annahme überein, daß unsere Erde nach und nach kälter und kälter geworden ist.

Sind wir nun aber auch darüber mit uns einig, daß Braun- und Steinkohlen aus Pflanzenanhäufungen, und zwar am häufigsten aus torfartigen entstanden, so fragt es sich doch noch: wie konnten daraus solche steinartige Kohlen werden? Und warum sind diese unter einander so verschieden? Um diese Fragen einigermaßen erörtern zu können, müssen wir zunächst die Unterschiede, und zwar vorzugsweise die chemischen zwischen Pflanzensubstanz und den einzelnen Kohlenarten uns in gewissem Grade zu vergegenwärtigen suchen. Alle Pflanzen (folglich auch die, welche Torflager bilden) bestehen vorherrschend aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff; dieselbe allgemeine Zusammensetzung zeigen aber auch die meisten Kohlen, nur unter andern quantitativen Verhältnissen. Ihr Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff ist geringer (der an Kohlenstoff also verhältnißmäßig größer), und jener Gehalt ist im Allgemeinen um so geringer, einer je älteren Formation die Kohlen angehören. Nun weiß man aber, daß alle Pflanzensubstanzen bei ihrer Verwesung unter Wasser stets mehr Wasserstoff und Sauerstoff als Kohlenstoff verlieren, indem diese ersteren mit etwas Kohlenstoff als Kohlensäure und als Kohlenwasserstoffverbindungen entweichen. — Auf diese Weise nähert sich alle unter Wasser verwesende Pflanzensubstanz, wie z. B. der Torf, mit der Zeit mehr und mehr der Zusammensetzung von

Braunkohle, in welcher letztern durch eine eigenthümliche Verbindung von Wasserstoff und Kohlenstoff sich sogenanntes Bitumen gebildet hat. Dieses Bitumen ist aber selbst flüchtig, und entweicht um so schneller, einer je höhern Temperatur die bituminösen Kohlen ausgesetzt werden. Bei der Koaksbereitung treibt man dieses Bitumen künstlich sehr schnell aus. Wenn daher Braunkohlen durch starke Bedeckung von oben, viele Jahrtausende lang der höhern Temperatur des Erdinnern und zugleich einem starken Drucke ausgesetzt werden, so ist zu vermuthen, daß sie dadurch in weit weniger bitumenhaltige Steinkohlen übergehen, und wenn dieser Proceß noch viel länger oder bei höherer Temperatur fortgesetzt wird, so kann man erwarten, daß daraus fast bitumenfreier Anthracit, oder endlich gar Graphit werde. Nun stimmt aber die gewöhnliche Reihenfolge, in welcher wir die genannten Kohlenarten: Braunkohle, Steinkohle (oder Schwarzkohle), Anthracit (oder Glanzkohle) und Graphit (d. i. fast reiner Kohlenstoff) in den Formationen der festen Erdkruste vorfinden, vortrefflich mit jenen Erfahrungen und Voraussetzungen überein. Die jüngsten Kohlen sind die bitumenreichsten (Braunkohlen), die ältesten, am längsten, und wahrscheinlich einer sehr hohen Temperatur ausgesetzten, bilden die Graphitlager in den krystallinischen Schiefergesteinen. Aus ihnen ist alles Bitumen verschwunden, es ist nur noch eine durch Erden- oder Metalloxyde etwas verunreinigte Kohle übriggeblieben, welche sich vom Diamant vielleicht nur durch ganz andern Aggregatzustand und durch jene kleinen Verunreinigungen unterscheidet. Dazwischen in der Altersreihe finden wir die wenig Bitumen enthaltenden Schwarzkohlen und die noch bituminärmeren, aber auch durchschnitlich etwas älteren Glanzkohlen. Verwundern kann es dabei gar nicht, wenn die allgemeine Regelmäßigkeit dieser Reihe zuweilen etwas gestört ist, wenn z. B. die Kohlen der echten Steinkohlenformation zum Theil Anthracit geworden sind, oder die der echten Braunkohlenformation zum Theil bitumenarme Schwarzkohlen, wo besondere Umstände eine lokal schnellere Umwandlung bedingten.

Jede besonders energische lokale Einwirkung der plutonischen Thätigkeit, Senkung und starke Bedeckung mit neueren Ablagerungen und dadurch ungewöhnlich tiefes Hinabrücken in das Erdinnere, oder der unmittelbare Kontakt mit einem heißflüssig aus dem Erdinnern

emporquellenden Eruptivgestein, konnte lokal eine höhere Umwandlungsstufe hervorbringen, als sie im Allgemeinen dem Formationsalter entspricht.

Dicht neben Basalten oder Porphyren sind sowol die Braun- als Steinkohlen zuweilen in Anthracit oder eine Art Koaks umgewandelt. Die Steinkohlenlager des Ohiogebiets in Nordamerika sind da, wo sie in das durch plutonische Thätigkeit erhobene Gebirgsgebiet eintreten, auf große Ausdehnung ihres Bitumens fast ganz beraubt, viel mehr als außerhalb dieses Gebietes; sie sind hier zu auch ohne Rauch brennendem Anthracit geworden, während dieselben Flötze in der angrenzenden Niederung noch aus sehr bitumenhaltigen Schwarzkohlen bestehen. Bei Worcester in Massachusetts geht sogar nach Lyell's Bericht ein gewöhnliches, zwischen Schieferthon eingebettetes, gut brennendes Kohlenlager in seiner Verlängerung in abfärbenden unverbrennbaren Graphit über, der zwischen granatenführendem Glimmerschiefer liegt. Auch in den Alpen Savoyens, sowie an der Stangenalp in Steiermark, und ebenso bei Schönfeld, Zaunhaus und Brandau im Erzgebirge, findet man Anthracitlager, welche nach den mit ihnen vorkommenden Pflanzenabdrücken der gewöhnlichen Steinkohlenformation angehören, und also auch hier wol nur deshalb bis zur Anthracitstufe umgewandelt sind, weil sie bei oder vor Erhebung der Gebirgsketten besonders energischen Einwirkungen der plutonischen Thätigkeit ausgesetzt waren. Die stark bedeckten tertiären Kohlenlager am nördlichen Alpenrand, in der sogenannten Molasseformation, entsprechen dem Alter nach ungefähr unsern norddeutschen Braunkohlen, mineralogisch aber sind sie den Steinkohlen höchst ähnlich, arm an Bitumen, ganz schwarz mit fast schwarzem Strich.

Der chemische Theil der Umwandlung von Pflanzensubstanz in die verschiedenen Kohlenarten scheint somit die Folge eines mehr oder minder langsamen Zersetzungs- und Destillationsprocesses zu sein, bei welchem Wasserstoff und Sauerstoff mit etwas Kohlenstoff in Gasform, oder als Bitumen entweichen. Bei gleicher Temperatur sind die ältesten, am längsten diesem Proceß ausgesetzten auch am meisten umgewandelt; bei besonders hoher Temperatur ist aber die Umwandlung örtlich schneller und energischer vorgeschritten. Auf die Art der umzuwandelnden Pflanzen scheint

dabei nicht gerade viel angekommen zu sein, doch lassen sich allerdings einige Unterschiede auch in dieser Beziehung erkennen, indem zuweilen einige Pflanzentheile den übrigen um eine Stufe vorausgeschritten sind; das ist z. B. der Fall bei den wenigen Calamiten- und Coniferenholzresten, welche man in der Steinkohle zuweilen vorfindet. Sie bilden die sogenannte mineralische Holzkohle, und diese enthält kaum noch Spuren von Bitumen.

Außer den chemischen Umwandlungsursachen hat aber in der Regel auch noch eine mechanische eingewirkt, bestehend aus dem Druck, welchem die Pflanzenanhäufungen durch darauf lastende neuere Ablagerungen unterworfen waren. Die Kohlenatome sind dadurch offenbar immer dichter und dichter zusammengedrückt worden, bis sie endlich jene dichte, steinartige Masse bildeten, welche wir eben Steinkohle oder Anthracit nennen. Durch denselben Umstand scheinen auch die begleitenden thonigen und sandigen Gesteine fester und zum Theil schieferig geworden zu sein, weshalb diese Eigenschaften bei den längerm und meist auch stärkerm Druck ausgesetzt gewesenen Begleitern der Steinkohle allgemeiner und in höherm Grade zu finden sind, als bei denen der Braunkohlen.

Daß zu allen diesen Bildungen ganz außerordentlich große Zeiträume nöthig gewesen sind, versteht sich von selbst, wird aber noch augenscheinlicher, wenn man eine annähernde Berechnung derselben versucht. G. Bischof hat das in seiner Geologie gethan, und ich lasse hier seine eigenen Worte darüber folgen.

„Nach einer von meinem Freunde von Dechen mit großer Sorgfalt angestellten Berechnung ist das Gewicht des zwischen der Saar und Blies gelegenen Theils der Saarbrücken-Steinkohlenformation, so weit sie preußisch ist, 90,8 Billionen Pfund, worin 72,6 Billionen Pfund Kohlenstoff enthalten sind.

„Wir setzen voraus:

„1) die Vegetation habe, der Quantität nach, in der Steinkohlenperiode ebenso viel betragen wie heutzutage; es seien mithin auf gleichen Flächen damals, wie heute, gleiche Quantitäten Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen worden;

„2) die Pflanzen, welche die Steinkohlen gebildet haben, seien auch auf demselben Flächenraume gewachsen, auf dem sich gegenwärtig ihre Reste finden. Die vortreffliche Erhaltung der Pflanzen-

abdrücke in dieser Kohlenformation bürgt dafür, daß sich diese Voraussetzung wenigstens nicht weit von der Wahrheit entfernen kann;

„3) die sämmtlichen Pflanzen, welche auf der Fläche des Steinkohlengebietes gewachsen sind, seien ohne irgend einen Verlust als den nothwendigen bei der chemischen Umwandlung aus frischer Pflanzensubstanz in Steinkohle zur Bildung der Lager verwendet worden. Diese Voraussetzung ist, abgesehen von den Erscheinungen, welche die Urwälder darbieten, schon mit dem Vorkommen der Pflanzenabdrücke in den Steinkohlenformationen nicht in Uebereinstimmung; denn dieselben beweisen, daß ein großer Theil der Pflanzen nicht zur Steinkohlenbildung verwendet, sondern durch andere Einflüsse zerstört worden ist.

„Unter diesen Voraussetzungen berechnet sich ein Zeitraum von 1,004,177 Jahren, welche erforderlich waren, durch die Vegetation der in Rede stehenden Steinkohlenformation das nöthige Material zu ihrer Bildung zu liefern. Sollte aus den beiden ersten Voraussetzungen geschlossen werden, daß die Zeiträume der Steinkohlenbildung überschätzt worden seien, so zeigt die dritte das Gegentheil. Beides könnte sich leicht ausgleichen."

Chevandier, welcher die mittlere jährliche Produktion von zwei Buchen-Hochwäldern auf buntem Sandsteine nach einem 63jährigen Durchschnitte ermittelte, fand, daß die Menge des auf einem Hektaren producirten Kohlenstoffs 1800 Kilogramm beträgt. — Daraus berechnete er, daß die Vegetation unserer Wälder in 100 Jahren so viel Kohlenstoff liefert, um eine Schicht Steinkohlen von 16 Millimeter = 7 Pariser Linien auf der Oberfläche des Bodens zu erzeugen. Berechnet man darnach den Zeitraum, der zur Bildung der Saarbrücker Steinkohlenformation erforderlich war: so finden sich 672,788 Jahre, mithin $^2/_3$ von dem oben gefundenen Resultat. In beiden Rechnungen ist aber allerdings auf Torfbildung keine Rücksicht genommen.

Ein so großer Zeitraum wäre also hiernach allein zur Bildung dieser Kohlenlager nöthig gewesen, ein ungleich viel größerer muß aber seit ihrer Bildung verstrichen sein, wie sich deutlich aus ihrer Lagerung unter so vielen andern Flötzformationen ergibt.

G. Bischof hat früher auch noch eine andere ganz interessante

Berechnung versucht, um annäherungsweise die Zeit zu bestimmen, welche seit der Bildung der Steinkohlen mindestens verflossen sein muß. Diese Berechnung stützt sich freilich auf drei wieder nicht ganz sichere Voraussetzungen: 1) daß die Erde in ihrer Totalität durch Ausstrahlung von Wärme in den Weltraum immer kälter und kälter geworden ist; 2) daß sie zur Zeit der Steinkohlenbildung noch so warm war, daß die Sonnenbestrahlung keinen wesentlichen Einfluß auf klimatische Unterschiede haben konnte, weshalb die Steinkohlenpflanzen fast in allen Erdgegenden dieselben sind; und 3) daß die Schnelligkeit der Erdabkühlung analog der einer heißen Gesteinskugel gewesen sei, mit welcher zu dem Ende Versuche angestellt wurden. Es ergab sich aus diesen Versuchen und der darauf begründeten Berechnung, daß seit der Steinkohlenbildung bis jetzt mindestens neun Millionen Jahre verstrichen sein müßten, während dadurch gar nicht ausgeschlossen wird, daß der Zeitraum noch viel größer gewesen sein könne. In einer so langen Periode können natürlich verhältnißmäßig kleine Ursachen sehr große Veränderungen hervorbringen, und es ist diese wahrscheinliche Zeitdauer allerdings zu berücksichtigen, wenn man Torflager oder andere Pflanzenanhäufungen mit Steinkohlenflötzen vergleicht und diese aus jenen ableitet.

Die Kohlen sind für das Leben der Menschen seit einigen Jahrhunderten so ungemein wichtig geworden, daß es wol manchem Leser lieb sein dürfte, hier auch einige flüchtige Winke über ihre Auffsuchung zu finden; ich will deshalb von dem, was ich früher in einer 1846 bei Engelhardt in Freiberg erschienenen kleinen Schrift darüber sagte, Einiges anführen, sei es auch nur, um dadurch von nutzlosen Unternehmungen abzuhalten; denn es kann keineswegs meine Absicht sein, wie es einige neuere Schriften vergeblich versucht haben, dem Landwirth, Fabrikanten, Handwerker u. s. w. Mittel in die Hand zu geben, wie er, ohne Geognost und Bergmann zu sein, jedes irgendwo vorhandene Kohlenlager selbst auffinden, auch seine Bauwürdigkeit untersuchen und abbauen könne; ich will vielmehr nur darauf aufmerksam machen, unter welchen Umständen irgend eine Gegend die genaue Untersuchung auf Kohlen verdient, und unter welchen nicht. Im erstern Falle muß ich dann aber allemal die Laien an Sachverständige verweisen, deren Rath in den meisten Fällen jedenfalls weit billi-

ger sein und schneller zum Ziele führen wird, als das gewissermaßen blinde Umhertappen eines in solchen Dingen Ungeübten.

Das Erste, was man zu thun hat, wenn es sich um die Frage handelt, ob in einer bestimmten Gegend bauwürdige Kohlenlager zu finden seien, wird die Bestimmung der in derselben auftretenden Gesteine oder Flötzformation sein. Wenn eine Gegend nur krystallinische Gesteine enthält, so ist auch mindestens keine Hoffnung vorhanden, es sind keine Anzeigen geboten, in derselben Kohlenlager aufzufinden. Sind aber Flötzformationen vorhanden, so fragt es sich: welche? Ist etwa nur die Grauwackenformation vertreten, so hat man sich wenigstens in Deutschland keine Hoffnung zu machen, bauwürdige Kohlenflötze darin zu entdecken. Jede jüngere Formation gewährt schon etwas mehr Aussichten in dieser Beziehung, am meisten natürlich die Steinkohlenformation und die Braunkohlenformation. Aber auch wenn nur ihre nächsten Bedeckungen (Rothliegendes oder Diluvialgebilde) an der Oberfläche vorhanden sein sollten, so kann man hoffen, in vielleicht nicht allzu großer Tiefe Kohlen unter denselben zu finden. Diese Aussicht nimmt aber natürlich ab mit den relativ zu den Hauptkohlenniederlagen höheren (neueren) Formationen. Eine Kreidegegend bietet z. B. in der Regel kaum einige Hoffnung, unter derselben in erreichbarer Tiefe Steinkohlen aufzufinden; doch ist es nicht geradezu unmöglich, da die Flötzformationen oft sehr lückenhaft über einander liegen und unter der Kreide möglicherweise sogleich die Kohlenformation folgen kann, wie das in den Ruhrgegenden wirklich der Fall ist. Wir dürfen aber dabei auch die andern zuweilen kohlenführenden Formationen nicht ganz außer Acht lassen. In Deutschland kennt man namentlich in der Wieldenformation bei Minden ganz bauwürdige Kohlenlager. Die oben aufgestellte Regel bleibt jedoch im Wesentlichen für alle diese Formationen dieselbe.

Wir wollen uns nun den Fall denken, daß man in irgend einer Gegend bereits eine der als kohlenführend bekannten Formationen, auch wol schon Spuren von Kohlenflötzen in derselben, aufgefunden habe, da wird es denn zunächst darauf ankommen, deren Ausdehnung und Lagerung zu bestimmen. Die Erstreckung an der Oberfläche (das Ausgehende) liefert uns den einen Faktor, und die Lagerung den andern, um daraus die wahre Ausdeh-

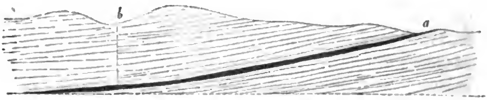
nung der Formation oder der einzelnen Kohlenflötze zu ermitteln. Unter Lagerung versteht der Geognost die gegenseitige Begrenzungs- oder Verbindungsweise der Gesteine. Bei aus Wasser abgelagerten Gesteinen ist die Art und Weise der Ausdehnung durch die Schichtung angedeutet. Wir können aus der Richtung der Schichten auf die Richtung der Fortsetzung irgend eines Gesteines schließen, und wenn nicht nach der Ablagerung gewaltsame Störungen eingetreten sind, so wird ein solcher Schluß nicht trügen.

Solche Störungen sind aber allerdings häufig eingetreten und dürfen nicht übersehen werden. Oft sind dergleichen Störungen mit dem benachbarten Auftreten von sogenannten krystallinischen Massengesteinen verbunden, und jedenfalls muß man, wo solche Gesteine, wie z. B. Porphyre, Pechsteine, Grünsteine, Basalte u. dergl., in der Nähe von Kohlenlagern an die Oberfläche hervortreten, darauf gefaßt sein, daß dadurch die letzteren aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerückt sind. Solche Störungen können aber durch Eruptivgesteine nur dann bewirkt worden sein, wenn dieselben neuerer Entstehung sind als die Kohlenlager. Findet man daher Geschiebe des benachbarten Porphyrs oder Grünsteins in den Schichten, die mit den Steinkohlen verbunden sind, so kann man daraus schließen, daß diese Gesteine durch ihre Eruption die letzteren nicht gestört haben, weil dieselbe bei deren Ablagerung schon vorüber sein mußte. Ebenso ist schon a priori nicht anzunehmen, daß irgendwo Braunkohlenlager durch Granite, Porphyre oder Grünsteine gestört worden wären, weil diese Eruptivgesteine stets älter zu sein pflegen als Braunkohlen, während dagegen Störungen der Braunkohlenlager durch Basalte oft vorkommen. Aber man findet häufig auch Schichtenstörungen in den Kohlenformationen, ohne daß sich dafür der Grund in irgend einem bestimmten an der Oberfläche vorhandenen Eruptivgesteine nachweisen ließe. Es sind dieselben vermuthlich durch erdbebenartige Erschütterungen, Hebungen oder Senkungen, ohne Durchbruch eines Eruptivgesteins bedingt worden.

Für den bergmännischen Kohlenabbau ist eine möglichst wenig geneigte und gestörte Lagerung der Kohlen die günstigste. Nicht unvortheilhaft bewährt sich gewöhnlich die flache Beckenform, schon deshalb, weil in dergleichen Becken die Mächtigkeit der Kohlenlager oft von dem Rande nach der Mitte hin zunimmt. Starke

Aufrichtungen, Biegungen oder Verwerfungen wirken immer störend auf den Abbau ein.

Es läßt sich aber das Verhalten der Kohlenlager in der Regel schon aus dem der sie einschließenden, oder auch sogar aus dem der sie bedeckenden Gesteine (z. B. des Rothliegenden) erkennen. Zeigen diese eine flache und ungestörte Lagerung, so ist auch von den Kohlenflötzen ein ähnliches Verhalten zu erwarten. Ebenso wird man bei wenig gestörter Lagerung aus dem allgemeinen Einschießen der Schichten auf die Tiefe schließen können, in welcher man ein einmal bekanntes Kohlenlager in gewisser Entfernung von dessen Ausstreichen, a z. B. unter b wiederzufinden hoffen kann.



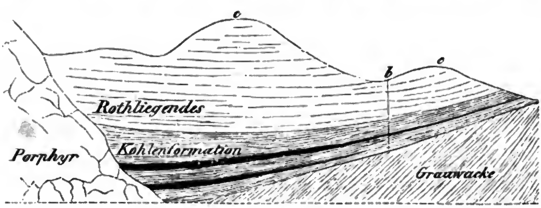
Einschießen eines Kohlenlagers.

Ist nun also in der fraglichen Gegend die Anwesenheit einer kohlenführenden Formation nachgewiesen, so wird der Laie jederzeit wohlthun, irgend einen erfahrenen Geognosten zu Rathe zu ziehen; denn so einfach die Principien der Kohlenaufsuchung sind, so erfordert ihre richtige Anwendung dennoch eine gewisse Uebung, ein Vertrautsein mit ihrer Handhabung. Der praktisch geübte Geognost, der täglich mit solchen Beobachtungen oder Folgerungen umzugehen gewohnt ist, wird in solchem Falle dem gewandtesten Geschäftsmanne, dem intelligentesten Landwirthe oder Fabrikanten immer noch einen nützlichen Rath geben können, der ihn leichter und sicherer zum Ziele führt. Ich sage das nicht etwa, um meine Wissenschaftgenossen dadurch als recht unentbehrlich darzustellen, sondern lediglich aus demselben Grunde, aus welchem kein gewissenhafter Arzt ein populäres Hausmittelbuch schreiben kann, ohne fast auf jeder Seite zu erklären: „bei diesen Symptomen, unter diesen Umständen zieht einen Arzt zu Rathe".

Wir Geognosten besitzen freilich auch kein Fernrohr, mit dem wir das Innere der Erde zu durchschauen vermöchten; aber wir blicken doch etwas tiefer hinein als der hellste Kopf, der sich noch nicht, oder noch nicht lange mit unserer Wissenschaft beschäftigt

hat. Gerade die Beurtheilung der Flötzformationslagerungen ist unsere stärkste Seite, für den Flötzbergbau hat unsere Wissenschaft schon sehr viel geleistet, viel mehr als für den Gangbergbau.

Ist nun aber ein geognostischer Rath nicht füglich zu erlangen, dann suche man sich zunächst wenigstens durch die Darstellung auf einer guten Karte ein möglichst genaues Bild von der Verbreitung und gegenseitigen Lagerung der einzelnen Gesteine zu entwerfen. Man drücke das beobachtete Lagerungsverhalten durch ideal unter der Oberfläche fortgezeichnete Grenzlinien auf Profilen und Durchschnittszeichnungen der betreffenden Gegenden aus. Durch solche Darstellungen wird dann jeder denkende Mann von selbst auf die Arbeiten geleitet werden können, welche zunächst nöthig sind, um sich von dem Vorhandensein oder der Mächtigkeit und Qualität durch schwache Andeutungen erkannter oder vermutheter Kohlenlager zu überzeugen. Freilich kommt dabei dann wieder fast Alles darauf an, ob die Vorstellung, die man sich von der innern Lagerung gemacht hat, richtig war oder nicht. Ein ganz ideales Beispiel kann hier viele denkbare Fälle erläutern. Angenommen z. B., man hätte aus der Oberflächenuntersuchung durch das Einschließen der Gesteinsgrenzen, Schichten u. s. w. auf folgende Lagerungsverhältnisse zu schließen, wie sie die nachstehende Figur darstellt: so würde ich damit beginnen, die Kohlenformation bei a



Idealer Fall für die Aufsuchung von Kohlenlagern.

durch einen Graben (sogenannten Schurf) in der Richtung von a nach c, d. h. von der Grauwacke auf kürzestem Wege nach dem Rothliegenden hin, aufzuschließen. Finden sich dabei Kohlenlager, so wird je nach ihrer Beschaffenheit entweder der Abbau sogleich beginnen können, oder, wenn sie am Ausgehenden sich unbauwürdig zeigen sollten, was noch gar kein Beweis ist, daß sie auch nach

innen (in größerer Tiefe) unbauwürdig sind; oder auch, wenn am Ausgehenden der Formation gar keine Kohlenflötze vorhanden sind, so wird man in einiger Entfernung von dem Ausgehenden, und zwar natürlich in der Richtung des Einschießens der Schichten, z. B. bei b, mit einem Bohrversuche niedergehen, um von da aus zunächst die Decke des Rothliegenden und dann die ganze Kohlenformation zu durchbohren, um zu ermitteln, ob, wie viele und wie mächtige Kohlenlager die Formation in der Tiefe enthält. Es versteht sich von selbst, daß man bei solcher Lagerung, wie in obiger Skizze angenommen, das Bohrloch nicht auf einem Höhenpunkt wie c beginnt, sondern wo möglich in einer Vertiefung, wie etwa bei b, wo man weniger Mächtigkeit des Rothliegenden zu durchbohren hat. Ebenso kann und muß man aus dem Grad des Einschießens bei a im Voraus ungefähr berechnen, wie tief man bei einer bestimmten Entfernung von a niederzubohren haben wird, um die Grauwackenformation zu erreichen, und darnach wird man den Abstand des Bohrpunktes von a wählen, d. h. man wird das Bohrloch nur so weit von a entfernt ansetzen, daß man darauf rechnen kann, die Kohlenformation in der Tiefe von höchstens einigen hundert Fuß zu erreichen, weil ein tieferes Bohrloch in diesem Falle unnöthigerweise sehr kostspielig werden würde; denn bei einigen hundert Fuß unter Tage kann man stets rechnen, die Kohlenflötze schon unverändert von atmosphärischen Einflüssen vorzufinden.

Ist die Lagerung der Schichten in der ganzen Gegend und besonders auch am Ausgehenden der Kohlenformation sehr regelmäßig und ungestört, so kann ein einziges Bohrloch schon über die wahre Mächtigkeit der etwa durchbohrten Kohlenlager entscheiden; ist das aber nicht der Fall, zeigen sich vielmehr mancherlei Biegungen und Störungen, so kann uns ein Bohrloch weder über die mittlere Tiefe, noch über die wahre Mächtigkeit, ja nicht einmal über die wahre Zahl der vorhandenen Kohlenlager sichern Aufschluß gewähren. Es sind z. B. folgende und viele ähnliche Fälle denkbar.

Es wird in nachstehender Skizze leicht zu erkennen sein, daß

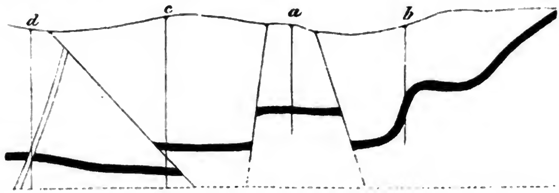
1) das Bohrloch bei a die mittlere Tiefe des Kohlenflötzes,

2) das bei b die Mächtigkeit desselben falsch angibt.

3) In dem Bohrloch unter c wird ein verworfenes Flötz

zweimal durchbohrt und täuscht demnach über die Zahl der Flötze.

4) Das Bohrloch d endlich hat einen sogenannten Rücken (eine Spaltenausfüllung im Kohlenflötz) getroffen und läßt deshalb das Flötz selbst ganz unbemerkt.



Mancherlei Störungen eines Kohlenflötzes.

Wo sich Spuren solcher Störungen zeigen, da ist zur Ermittelung des Vorhandenseins, der Tiefe, der Zahl und der Mächtigkeit von Kohlenlagern die Niederbringung von mindestens drei Bohrlöchern in einem möglichst gleichseitigen Dreieck nöthig, deren jedes 100—200 Fuß von den andern entfernt ist. Durch drei Punkte läßt sich die Lage jeder Ebene bestimmen; ist daher das Flötz einer Ebene irgend vergleichbar, so wird auch seine wahre Lage und Mächtigkeit durch drei Bohrlöcher wenigstens annäherungsweise bestimmt werden können. Ist es aber sehr gekrümmt oder verschoben, was man schon aus dem Nichtübereinstimmen der scheinbaren Mächtigkeit in den drei einzelnen Bohrlöchern, oder aus dem Nichtübereinstimmen der berechneten Ebene mit dem beobachteten Ausgehenden zu erkennen vermag, so kann, wenn es auf große Genauigkeit der Bestimmung ankommt, die Niederbringung von noch mehreren Bohrlöchern in passenden Abständen nöthig werden. — Darüber, sowie zur Ausführung der Bohrlöcher, ist dann der Rath erfahrener Geognosten und Techniker wieder insbesondere wichtig, ja nöthig. Das Untersuchen von Steinkohlenlagern durch Bohrarbeiten bleibt selbst für Geübte schwierig und kann durch stetes Hineinbröckeln aus oberen Bohrteufen außerordentlich erschwert, in Bohrlöchern, die nicht mit Röhren ausgesetzt sind, sogar unmöglich gemacht werden. Es sind Fälle be-

kannt, in denen man schwache Kohlenlager durchbohrt hat, ohne sie zu erkennen.

Ist nun aber die Lagerung, Mächtigkeit und Qualität eines Kohlenflötzes durch Schurf-, Bohr- oder andere bergmännische Arbeiten ermittelt, so ist es dann Gegenstand bergmännischer und merkantiler Berechnung, zu ermitteln, bis zu welchen Tiefen ein Abbau desselben noch rentiren kann.

Ganz von selbst versteht es sich wol, daß die Erfahrungen über die Kohlenführungen bestimmter Formationen vorläufig nur als in gewissem Grade lokale, nicht als allgemein, für die ganze Erde gültig anzusehen sind. Für Europa kennt man schon ziemlich die Formationen, in welchen abbauwürdige Kohlen zu erwarten sind. In Nordamerika sind dieselben allerdings meist damit übereinstimmend, auch in Neuholland scheinen (nach den sehr ähnlichen Versteinerungen zu urtheilen) die Steinkohlen ungefähr derselben Altersperiode des Erdkörpers anzugehören, wie bei uns. Es würde aber alle wissenschaftliche Berechtigung überschreiten, wenn man daraus schließen wollte, so müsse es in allen Ländern der Erde sein. Das ist vielmehr a priori ganz unwahrscheinlich. Aus dem allgemeinen Verhalten der Flötzformationen möchte man vielmehr vermuthen, daß in derselben Zeitepoche, in welcher in gewissen Gegenden der Erde Pflanzen wuchsen und Material für spätere Kohlenflötze angehäuft wurde, anderwärts mächtige Ablagerungen von Kalksteinen, Mergeln, Thon- oder Sandsteinen mit Meeresmuscheln erfolgt seien; während umgekehrt in den Zeiten, wo z. B. in Europa nur ganz meerische Schichten gebildet wurden, sehr wahrscheinlich an irgend einem andern Orte der Erde die Materialien zu späteren Kohlenlagern sich anhäuften. Diese Erwartung ist auch wirklich in gewissem Grade bestätigt worden durch den Umstand, daß man im europäischen Rußland an der Stelle der westeuropäischen Steinkohlenformation, und wahrscheinlich ganz aus derselben Zeit herrührend, fast nur Kalksteine, Mergel und Sandsteine mit Meeresmuscheln aufgefunden hat. Diese Erfahrung ist so sehr den Erwartungen einer verständigen Anschauung entsprechend, daß sie den allerdings sehr auffallenden Umstand scheinbar gleichzeitiger Kohlenbildungen in Westeuropa, Nordamerika und Neuholland reichlich aufwiegt, zumal da die genaue Gleichzeitigkeit der neuholländischen Kohlenlager doch noch nicht als völlig

erwiesen anzusehen ist. A priori möchte man sie vielmehr sehr unwahrscheinlich nennen, aus den über- und unterliegenden Bildungen geht in Neuholland gar nichts Bestimmendes hervor, und die wenigen aufgefundenen Pflanzen, die allerdings den europäischen und nordamerikanischen Kohlenpflanzen sehr ähnlich, aber auch nur sehr ähnlich sind, könnten wol auch in zwei nur nahe, nicht völlig gleichzeitigen Bildungen ziemlich mit einander übereinstimmen.

Ein Vortrag über Braunkohlen, welchen Leopold von Buch am 20. Nov. 1851 in der Berliner Akademie der Wissenschaften gehalten, hat damals zu sonderbaren Zeitungsberichten Veranlassung gegeben, nach welchen man glauben könnte, Steinsalz sei ein ganz gewöhnlicher Begleiter der Braun- oder Steinkohlen, und es sei möglich, aus der Anwesenheit von Kohlen auf die Nachbarschaft von Salz und umgekehrt zu schließen. Der erwähnte Vortrag, welcher sich mit dem gewohnten Geist des Verfassers über die Natur und Lagerung der Braunkohlenformation verbreitet, enthält nun aber geradezu gar Nichts, was zu einem solchen Irrthum begründete Veranlassung geben könnte; denn wenn es gegen den Schluß hin heißt: „Oberschlesische Braunkohlen führen unmittelbar nach der Gegend von Krakau zum Salzstock von Wieliczka, und was man vor zwanzig Jahren noch für Träumerei gehalten haben würde, Blätter, Muscheln und Infusorien beweisen auf gleiche Weise, daß sogar die Steinsalzmasse von Wieliczka nur der Braunkohlenformation oder dem mittlern Tertiärgebirge zugerechnet werden kann", so ist damit natürlich Nichts weiter gemeint, als daß Prof. Unger die seit etwa zehn Jahren als tertiär erkannte Wieliczkaer Steinsalzbildung durch die in ihr vorkommenden einzelnen Pflanzenreste und Infusorien nun sogar als eigentliche Parallel- oder Aequivalentbildung der deutschen, nach L. v. Buch überall miocänen Braunkohlenformation nachgewiesen hat. So sehen wir denn auch hier für die von dem Hervortreten der Landoberfläche abhängige Braunkohlenbildung eine ganz gleichzeitige und benachbarte marine Ablagerung, in welche freilich auch einige Landpflanzenreste eingeschwemmt sind.

X.

Geschichte des organischen Lebens auf der Erde.

Was sind Versteinerungen? — Ihre Wichtigkeit für die Geologie. — Unvollkommener Zustand der fossilen Organismen. — Ideale Ergänzung der fossilen Welt. — Gesetze der Vertheilung fossiler Organismen. — Abweichung derselben von den jetzt lebenden Thieren und Pflanzen. — Größe derselben. — Entwickelungsreihe der fossilen Organismen. — Vorweltliche Landschaften.

In den aus Wasser abgelagerten sedimentären Gesteinen, welche einen Theil der festen Erdkruste ausmachen, findet man eine Menge Ueberreste von organischen Körpern, sowol von Pflanzen als von Thieren. Man nennt sie gewöhnlich Versteinerungen, Petrefakten oder auch fossile Organismen. Schon die ältesten Naturbeobachter haben dergleichen wahrgenommen; sie hielten dieselben für Ueberreste von solchen Geschöpfen, wie sie noch jetzt auf der Erde leben, und schlossen nur aus der Auffindung von versteinerten Meeresmuscheln mitten auf dem Lande, daß das Meer einst eine andere Verbreitung gehabt haben müsse als jetzt. Gewöhnlich nahm man an, es habe dasselbe einst alles Land bedeckt, und nachher sich in seine jetzigen Grenzen zurückgezogen. Später erkannte man, daß die Formen der versteinerten Organismen zum Theil ganz abweichen von denen der jetzt auf der Erde lebenden Thiere und Pflanzen. Infolge dieser Entdeckung tauchte in den Köpfen einiger Naturforscher die wunderliche Idee auf, diese versteinerten Thiere und Pflanzenformen möchten wol gar nicht von wirklichen Thieren und Pflanzen herrühren, sondern vielmehr bloße Naturspiele (lusus naturae) sein, oder mißlungene Versuche der Natur, Organismen zu schaffen, die nie zur Vollendung gekommen wären, sie seien die ersten Proben des Schöpfers, Thiere und Pflanzen zu machen, bis es ihm endlich gelun-

gen sei, die jetzigen Organismen wirklich herzustellen. Diese sonderbare Ansicht konnte natürlich nicht lange bestehen; durch bessere Beobachtung wurde es ganz deutlich, daß jene Thiere und Pflanzen einst wirklich als solche das Meer, das Süßwasser oder die Landoberfläche belebt haben müssen. Man kam nun dadurch auf die Idee einer sogenannten Vorwelt, einer Zeit vor Erschaffung des Menschen und der jetzt existirenden Thiere und Pflanzen, in welcher eine ganz andere organische Bevölkerung auf der Erde existirt habe. In dieser Vorwelt sollte überhaupt fast Alles anders gewesen sein als jetzt, und man schien sich bei ihrer Beurtheilung mit großer Vorliebe phantastischen Träumereien zu überlassen und nur wenig um die jetzt wirkenden Naturgesetze zu kümmern.

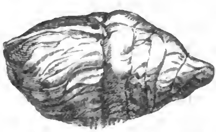
Da erkannte William Smith, ein englischer Baumeister, welcher auf seinen Geschäftsreisen viel Steinbrüche zu untersuchen hatte, am Ende des vorigen Jahrhunderts, daß die versteinerten Thiere und Pflanzen in den einzelnen Gebirgslagen keineswegs ungeordnet oder überall gleichmäßig vertheilt sind, sondern daß sie vielmehr in denselben konstant verschieden sind, derart daß er in derselben Gesteinslage überall, wo er sie in England kennen lernte, auch dieselben Versteinerungen wiederfand, während die darüber und darunter befindlichen Schichten stets andere organische Reste enthielten. Das war ein sehr wichtiger Fortschritt in der Erkenntniß der Sache, der sich seitdem überall bis zu einem gewissen Grade bestätigt hat. Daraus ist die Lehre von der Vertheilung der Organismen in den einzelnen Formationen der Erdrinde hervorgegangen, mit deren Hülfe man nun umgekehrt das gleiche Alter der Formationen erkennen kann, auch wenn die Gesteine ganz verschieden, oder die Lagerungsverhältnisse sehr zerstört sind; dadurch hat man überdies erkannt, daß die Annahme einer in sich abgeschlossenen Vorwelt unrichtig war, daß man vielmehr die jetzige organische Schöpfung als das endliche Resultat einer langen ununterbrochenen Entwickelungsreihe betrachten müsse, in welcher immer neue, und in der Regel immer höher organisirte Organismen entstanden, während früher vorhandene ausstarben. So hat sich das organische Leben auf der Erde stets erneuert und vervollkommnet, d. h. es sind nicht nur von Zeit zu Zeit neue, etwas höher organisirte Pflanzen und Thiere zu den früher vorhandenen hinzugekommen, sondern es sind auch stets an die Stelle

aussterbender niederer Arten ähnliche getreten, welche in Form und Einrichtung nur so viel von denselben abwichen, als die veränderten physikalischen Zustände der Erdoberfläche, besonders die neuen Temperaturverhältnisse, es bedingten. Indem nun während der ganzen Dauer dieses langen Entwickelungsprocesses des organischen Lebens auf der Erde hier und da Ablagerungen von sedimentären Gesteinen erfolgten, in welchen einige Ueberreste der damals gerade lebenden Thiere oder Pflanzen als Versteinerungen erhalten wurden, mußten diese natürlich in den einzelnen, zu gleichen Zeiten gebildeten Ablagerungen auch ziemlich gleich, und in den zu ungleichen Zeiten gebildeten sehr verschieden sein. Das ist der Grund der Verschiedenheit der Versteinerungen in den einzelnen Formationen, welche uns nun befähigt, aus der Uebereinstimmung der versteinerten Formen auf die Gleichzeitigkeit der Ablagerungen zu schließen, selbst dann, wenn diese in ziemlich weit von einander entfernten Lokalitäten erfolgten. Von plötzlichen Katastrophen, welche die ganze Erde betroffen und alles organische Leben auf ihr überall mit einem Male zerstört hätten, sodaß dann eine ganz neue Schöpfung desselben nöthig geworden wäre, und von einer mehrfachen Wiederholung solcher allgemeiner Katastrophen, wodurch eine bestimmte Zahl historisch auf einander folgender Schöpfungen oder Lebensperioden von einander abgetrennt würden, kann hiernach nicht mehr die Rede sein. Dergleichen Katastrophen mögen wol örtlich (wie noch jetzt in gewissem Grade) eingetreten sein, es ist aber kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß solche Vorgänge jemals das gesammte organische Leben auf der ganzen Erdoberfläche zerstört hätten. Wir müssen vielmehr nach dem, was wir gegenwärtig davon kennen, alle organischen Formen als gewissermaßen aus einander hervorgewachsen und gegenseitig durch einander bedingt, überhaupt aber als nach und nach erneuert erachten. Es kann sonach strenggenommen weder von bestimmt abgegrenzten Schöpfungsperioden, noch überhaupt von einer scharf unterschiedenen Vorwelt mehr die Rede sein. Auch die jetzigen Organismen sind in gewissem Sinne nur Abkömmlinge der ältesten, sie ragen ungleich tief in die sogenannte Vorwelt hinab, ihr Ursprung ist nicht von gleichem Datum, sie sind offenbar nicht alle in demselben Moment entstanden. Einige von ihnen kommen als Versteinerungen mit längst ausgestorbenen Arten zusammen

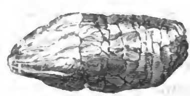
vor, das erste Auftreten anderer ist von viel neuerm Datum; einige sind sogar in historischer Zeit wieder ausgestorben. Ich will damit noch nicht behaupten, es müßten nothwendig die neuen Arten sich durch Umbildung innerhalb vieler Generationen aus den alten entwickelt haben, obwol das nicht unmöglich, und noch ganz neuerlich aus vielen Gründen von Darwin zu beweisen gesucht worden ist; ich will damit nur recht deutlich machen, daß gar keine scharfe Grenze zwischen einer Vorwelt und Jetztwelt in der Natur aufzufinden ist, und daß Aehnliches für alle früheren Zeiten oder sogenannten Zeitalter zu gelten scheint.

Wir wollen nun die eben angedeuteten Gesetze der Vertheilung fossiler Organismen in den Gesteinslagen der Erdrinde etwas näher betrachten, woraus sich zugleich eine Art von Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens auf der Erde von selbst ergeben wird. Es ist jedoch nöthig, zuvor noch einige flüchtige Blicke auf den Zustand der Erhaltung zu werfen, in welchem wir die Versteinerungen gewöhnlich vorfinden.

Fände man immer vollständig erhaltene Thiere oder Pflanzen von Gestein umschlossen, so würde ihre genaue Bestimmung ziemlich leicht sein. Das ist nun aber keineswegs der Fall, höchstens etwa die von Bernstein umschlossenen Insekten sind ganz vollständig erhalten; die Mehrzahl der Versteinerungen befindet sich dagegen in einem sehr mangelhaften Zustande. Gewöhnlich sind nur die festeren Körpertheile einigermaßen konservirt. Von den Pflanzen z. B. Stammtheile, feste Blätter, oder Samen, aber höchst selten zarte Blüten oder fleischigte Früchte, und dabei keineswegs die Blätter und Früchte noch am Stamme sitzend, sondern alle einzelnen Theile für sich. Von den Thieren findet man: Knochen,



Ein Koprolith (Fischexkrement) aus der Kreideformation.



Ein Koprolith aus der Leiasformation.

Zähne, Hörner, Schuppen, Kalkschalen (Gehäuse), oder auch wol gar nur ihre Exkremente (Koprolithen) oder die Spuren ihrer

Füße (Fährten), die, in weiche thonige Schichtoberflächen eingedrückt, sich in diesen, oder zuweilen noch deutlicher als erhabene Ausgüsse



Die Fährte eines Chirosaurus aus dem bunten Sandstein von Hildburghausen.

(Reliefs) an der Unterseite einer zunächst darüber gebildeten festern Sandsteinschicht erhalten haben. Nach Lyell's Beobachtung bilden sich dergleichen versteinerte Fährten in der Bay of Founde noch jetzt. Gewisse Strandvögel schreiten während der Ebbezeit über den feuchten und schlammigen Meeresboden, um von der Flut zurückgelassene Meeresorganismen zu suchen, die nächste Flut aber bedeckt ihre Fußeindrücke oft mit einer neuen dünnen Schicht und erhält sie so für die Zukunft. Sehr ausnahmsweise sind freilich auch weiche Körpertheile in andern Gesteinen als Bernstein erhalten worden, und als ein interessantes Beispiel der Art verdient der Tintenbeutel von Sepien genannt zu werden, dessen Inhalt man noch zum Tuschen benutzen konnte, oder das Fleisch eines sibirischen von Eis umschlossenen Mammuths, welches die Hunde verspeisten. Aber selbst jene festeren Theile sind nicht einmal immer als solche vorhanden, ihre Substanz ist oft gänzlich verändert, mit oder ohne Erhaltung der innern Textur durch neue Substanz, z. B. durch Kieselerde, ersetzt, oder es ist noch häufiger nur ein Abdruck der äußern oder innern Form (gewisser Höhlungen) übrig geblieben. Die Aufgabe des Geologen ist es nun, aus diesen einzelnen Fragmenten, aus diesen Trümmern oder bloßen Spuren von Thieren und Pflanzen ganze Individuen zu konstruiren, und diese als gut umgrenzte Arten zu bestimmen. Daß es schwierig ist, und daß dabei mancherlei Irrthümer mit unterlaufen, versteht sich von selbst; gar manchmal mögen die Blätter und die Stammtheile desselben Baumes, die Knochen und die Exkremente desselben Thieres für zwei verschiedenen Arten zugehörig gehalten worden sein, und Aehnliches wird auch fernerhin zuweilen geschehen; aber wenn man sich nur der möglichen Fehler stets bewußt bleibt, so kann der Wissenschaft kein großer Nachtheil und keine große Stö-

rung daraus erwachsen. Um so erfreulicher ist es auf der andern Seite, die flüchtige Fährte eines Saurier's, der vor Millionen Jahren während der Ebbezeit am Strand seine Nahrung suchte, mit wissenschaftlicher Spürnase endlich bis zur Lagerstätte seiner Knochenreste zu verfolgen, oder aus der Schrittweite eines Vogels, der zur Zeit der bunten Sandsteinbildung im zähen Schlamm umherwatete, die Höhe seines Körpers, von dem man weiter gar Nichts kennt, auf 18 Fuß bestimmen zu können. Noch viel mehr aber hat man geleistet in der mikroskopischen Untersuchung der Textur fester Knochentheile. — Auf diesem Wege ist es möglich geworden, irgend eine bestimmte Art aus dem kleinsten Zahnsplitter wieder zu erkennen.

Ich habe bis jetzt nur von der Schwierigkeit der Bestimmung der einzelnen fossilen Arten gesprochen. Noch viel größer werden die Schwierigkeiten, wenn man es versucht, sich ein Bild von der gesammten Flora oder Fauna irgend einer bestimmten Gegend in einer bestimmten Zeitepoche zu machen. Da sind eine Menge Lücken anderer Art zu ergänzen und mögliche Fehler zu berücksichtigen. Nicht alle Pflanzen und Thiere eigneten sich zur Versteinerung, da es manchen, wie den Pilzen, Quallen, Eingeweidewürmern, Nacktschnecken, Räderthierchen und weichen Magenthierchen gänzlich an festen Theilen fehlt; andere fanden keine Gelegenheit zu versteinern, weil sie auf dem Lande, auf hohen Gebirgen, oder gar vorzugsweise in der Luft lebten; manche seltenere aber können versteinert sein, ohne daß sie bis jetzt in diesem Zustande aufgefunden und erkannt wurden. Die Lücken, die durch alle diese Umstände entstehen, darf man nie übersehen; auf der andern Seite darf man aber auch nicht vergessen, daß durch Flüsse oder durch Meeresströmungen Organismen aus sehr entlegenen Gegenden zusammengeführt sein können, die man dadurch leicht versucht sein wird, der Flora oder der Fauna *einer* Gegend zuzurechnen. Jedenfalls darf man das Zusammenvorkommen der einzelnen Arten nur mit großer Vorsicht als einen Grund für ihr einstiges Zusammenleben betrachten. Die Bären, Hyänen, Hirsche, Rehe, Ochsen, Pferde und Elefanten, deren Knochen man zuweilen in dem Schlamme *einer* Höhle beisammen findet, haben sicher nicht diese Höhlen gemeinsam und friedlich bewohnt. Noch mehr aber sind oft die Niveauverhältnisse des ursprünglichen Aufenthaltsortes

durch Hebungen und Senkungen der bereits von Gestein umschlossenen organischen Reste verändert worden. Versteinerte Meeresmuscheln findet man nicht nur auf dem Lande, sondern in hohen Gebirgsketten bis 16,000 Fuß über dem Spiegel des Meeres, und Landpflanzen, die offenbar nicht weit von ihrer Wachsthumsstelle in Kohlen umgewandelt, oder als Abdrücke erhalten sind, finden sich mehrere hundert Fuß tief nicht nur unter dem Meeresspiegel, sondern auch wirklich unter den Wogen des Meeres, bis wohin man an den Küsten Englands die Kohlenlager abbaut. In allen diesen Fällen muß also die ursprüngliche Situation durch Hebung oder Senkung sehr verändert worden sein.

Während man gegenwärtig über 100,000 Thierarten und über 80,000 Pflanzenarten auf der Erdoberfläche kennt, beträgt die alljährlich freilich noch sehr wachsende Zahl der fossilen Thiere erst etwas über 25,000 und die der Pflanzen etwa 2000; von diesen 27,000 fossilen Arten kommen aber 24,500 auf Europa und nur 2500 auf die andern Welttheile, was offenbar hauptsächlich Folge der noch geringern Kenntniß jener andern Welttheile ist. Diese Zahlen mögen ganz ungefähr den Zustand unserer Kenntniß der fossilen Welt ausdrücken.

Gehen wir nun also zu den Gesetzen der Vertheilung über. Ich will die Hauptresultate sogleich voranstellen, dann wird sich die Bedeutung des Einzelnen um so leichter erkennen lassen. Es sind folgende:

1) Die ältesten Ablagerungen enthalten nur Reste von niedrig organisirten Geschöpfen; blütenlose Pflanzen, Korallen, Weichthiere und Gliederthiere. Man fand in ihnen nur erst ganz vor Kurzem Spuren von Fischen und Reptilien, aber noch niemals solche von Vögeln oder Säugethieren.

2) Zu jenen niederen Organismen der ältesten Ablagerungen gesellen sich in den immer neueren Schichten auch immer höher organisirte Pflanzen und Thiere. In der Steinkohlenbildungszeit schon einige Coniferen, viele Fische und einige Reptilien, in der Triasperiode viele Reptilien, einzelne Vögel und die ersten bestimmten Spuren von Säugethieren, in der Juraperiode einige dikotyledone Pflanzen und mehrere Säugethiere, in der Molasseperiode viele dikotyledone Pflanzen und Säugethiere.

3) Aber auch von den einzelnen größeren Abtheilungen des

Pflanzen- und Thierreichs treten immer zuerst die niedersten Organisationsstufen auf, und später erst die höheren. So von den Strahlthieren zuerst die fest gewachsenen Crinoideen, von den Fischen zuerst die unsymmetrisch geschwänzten Glanzschupper (Ganoiden) und die Placoiden, von den Reptilien zuerst die Saurier, von den Vögeln zuerst die Sumpfvögel und die straußartigen, von den Säugethieren zuerst die Beutelthiere, die walfischartigen, sowie unter den Festlandbewohnern überhaupt zuerst die Pflanzenfresser.

4) Die Abweichung der organischen Formen von den jetzt lebenden ist in den ältesten Schichten am größten, und wird immer geringer in den neueren Ablagerungen. Die Trilobiten, die Graptolithen, die Goniatiten und die Orthoceratiten gehören gänzlich ausgestorbenen Thierabtheilungen an; ähnlich verhält es sich bei den ältesten Pflanzenformen, während später nur noch die Gattungscharaktere und zuletzt nur noch die Charaktere der Arten von denen der Lebenden abweichend sind.

5) Noch lebende Arten größerer Organismen treten aber erst oberhalb der Kreide in versteinertem Zustande auf, und ihre Zahl nimmt allmälig zu vom Anfang der Tertiärzeit bis zu ihrem Ende.

6) Obwol die Abweichung von der lebenden Schöpfung in den ältesten Schichten am größten ist, so ist doch die Mannigfaltigkeit der Formen in ihnen am geringsten, und namentlich ist dort noch keine Verschiedenheit nach Wärmezonen bemerkbar, diese gibt sich erst von der Kreidezeit an deutlich zu erkennen. Vorher trugen alle Organismen der Erde einen so zu sagen tropischen Charakter an sich, d. h. man findet unter allen Breitengraden Thiere und Pflanzen, welche nur in einem warmen Klima gelebt haben können.

7) Dabei zeigen sich aber schon sehr früh die Unterschiede von Bewohnern des Meeres, der süßen Gewässer und des Landes, sowie die der ungleichen Tiefen des Meeres. Auch fanden schon sehr früh kleine Unterschiede zwischen Faunen und Floren verschiedener Gegenden statt, nur nicht solche, die sich durch Wärmezonen erklären ließen. Wenn die Meeresbewohner in der Summe der Schichten sehr vorherrschen, so ist das wol nur eine Folge davon,

daß die meisten Ablagerungen auf dem Boden des Meeres gebildet worden sind.

8) Daß die Thier- und Pflanzenarten in den einzelnen auf einander folgenden Formationen sehr verschieden sind, geht, wie wir bereits gesehen haben, ganz nothwendig aus ihrer allmäligen Entwickelung und steten Aenderung der Formen hervor. Nirgends aber ist zwischen den unmittelbar nach einander gebildeten Ablagerungen eine scharfe Grenze, eine plötzliche Umgestaltung aller Formen zu finden. Wo es eine Zeitlang so schien, hat sich später in der Regel irgendwo ein vermittelndes Zwischenglied gefunden, welches örtlich fehlt, aber, dazwischen gedacht, die Lücke ausfüllt.

Wir haben es demnach mit einer langen Entwickelungsreihe zu thun, die gleichsam von einem allerdings noch unbekannten Nullpunkt ausgehend bis zu dem gegenwärtigen Zustande leitet.

Man glaubt gefunden zu haben, daß das Erscheinen der verschiedenen Klassen, Ordnungen oder Familien von organischen Wesen immer mit solchen Formen beginne, welche keiner ihrer jetzt noch existirenden Unterabtheilungen angehören, die vielmehr oft eine Erweiterung des Charakters der Hauptabtheilungen, wie er für die lebend bekannten Formen aufgestellt worden ist, nothwendig machen. Diese Urtypen bilden oft gleichsam die Keime, aus denen sich später mehrere verwandte Formenreihen entwickelt zu haben scheinen, welche sich immer selbständiger ausbildeten und deren Endglieder nun sehr verschieden sind. So sehen wir die Fische mit einer Artengruppe beginnen, die so wenig Fischen ähnlich sieht, daß man sie eine Zeit lang für Krebse oder für große Wasserkäfer gehalten hat (s. S. 291). Zu den ältesten Reptilien gehören die Labyrinthodonten, die man bald als in Frösche verwandelte Krokodile, bald als Frösche mit aufgeimpftem Krokodilcharakter bezeichnete. Die Vögel beginnen mit einer Gruppe, von der man im Sandstein von Massachusetts nur die Fährten, aber mit 7 Fuß Schrittweite gefunden hat, wonach sie wol doppelt so groß als unsere größten Strauße gewesen sein müssen. Mit zu den ältesten Säugethierresten gehört außer den im Keuper Württembergs und in der englischen Juraformation gefundenen Arten der sogenannte Hydrarchos (Zeuglodon), ein Fischsäugethier von ungeheuerer Länge und sehr von allen lebend bekannten abweichender Form, weshalb man ihn eine Zeitlang für eine Seeschlange oder

für einen Saurier gehalten hat. Aehnliche Mischgestalten eröffnen auch die Reihe der Korallen als Graptolithen, die der Seesterne als Crinoideen und Cystideen, die der Krebse als Trilobiten und die der Sepien und Nautilen (Cephalopoden) als Orthoceratiten, Ammoniten, Belemniten u. s. w.

Aber es gibt auch bedeutende Abtheilungen der organischen Reiche, in denen sich Nichts der Art nachweisen läßt, und es gibt auf der andern Seite Klassen und Ordnungen, die auch jetzt aus unter sich so unähnlichen Unterabtheilungen zusammengesetzt sind, daß man von einer jeden derselben, wenn sie etwa nur ausgestorben aufträte, dasselbe sagen könnte. Wir erstaunen über jene sonderbaren Formen der Saurier, mit welchen die Klasse der Reptilien beginnt; aber würden wir nicht ebenso staunen, wenn etwa die Frösche oder gar die Schildkröten den Reigen eröffneten und jetzt gänzlich ausgestorben wären? In welche Verlegenheit würden die Zoologen gerathen, den erst seit wenigen Jahren entdeckten



Der Dudu der maskarischen Inseln.

Lepidosiren etwa nur im fossilen Zustande zu finden: ein Fisch, der neben den Kiemen auch Lungen hat, und der daher eine Zeit lang für ein Reptil gehalten worden ist? Würden sie ein so

unsystematisches Thier überhaupt richtig zu deuten verstehen? Oder wenn das mit dem Dudu der Fall gewesen wäre, einem sehr sonderbaren Vogel (siehe die Abbildung auf S. 287), der auf den maskarischen Inseln erst seit 100 oder 200 Jahren ausgestorben ist; den man der Reihe nach unter den Fettgänsen, bei den Sumpfvögeln, unter den Hühnern, als Riesentaube und als Geier in das System unterzubringen suchte? Würde das nicht ein vortrefflicher Urkeim für alle möglichen Vögelarten sein, ein wahrer Universalvogel, wenn nicht ein Spaßvogel, der alle Systematiker verspottet? Oder wenn statt der Vogelfährten im rothen Sandstein



Der neuseeländische Kiwi.

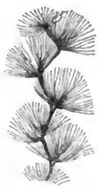
von Massachusetts deutliche Reste des Kiwi gefunden würden, dieses fabelhaften Vogels ohne alle Flügel, der kürzlich zum ersten Male lebend nach Europa gebracht und im zoologischen Garten von Regents-Park zu London aufbewahrt worden ist, dessen Knochenbau sich dem der Strauße nähert, der gar keine Flügel besitzt, und dessen Schnabel wie bei einem Strandläufer gestaltet ist. — Der Kiwi ist die einzige noch lebende Art einer übrigens gänzlich ausgestorbenen Abtheilung von Vögeln, aus der auf Neuseeland und in Australien ziemlich viele, zum Theil riesengroße fossile Knochen gefunden werden. Man pflegt solche Formen zuweilen

wol vorweltliche, antediluvianische zu nennen, und es ist etwas Wahres an dieser Bezeichnung. Sie passen nicht mehr recht in die heutige Schöpfung, es sind aussterbende Arten, die Känkerus und die Schnabelthiere Australiens gehören auch dazu.

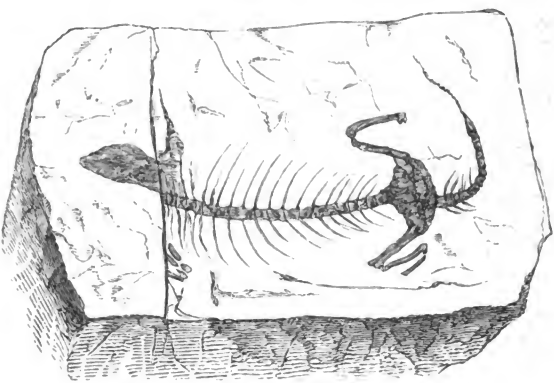
Die besondere Größe einiger vorweltlicher Thiere, wie des Mammuths, des Riesenfaulthieres (Megatherium), des Hydrarchos, einiger besonders großer Vögel und Reptilien, der ellenlangen Orthoceratiten, der Ammoniten, so groß wie Wagenräder, der baumförmigen Farren, Schachtelhalme und Lykopodien hat die Meinung erweckt, daß die Thiere und Pflanzen der sogenannten Vorwelt überhaupt nach einem größern Maßstabe gebildet worden seien. Neben jenen einzelnen Riesenthieren hat es indessen zu allen Zeiten auch sehr kleine, ja mikroskopisch kleine Thierchen gegeben, und es können jene größeren Maße nicht als eigenes Gesetz, sondern nur als Folge anderer Lebensverhältnisse angesehen werden. Wir finden die größten der lebenden Landsäugethiere und Reptilien in den größten Kontinenten, in den wärmsten Ländern, und da, wo ihre Klasse, Ordnung u. s. w. überhaupt am zahlreichsten entwickelt ist, d. h. wo die Lebensbedingungen am günstigsten für sie sind. Ebenso die größten Vögel, nur daß die Ausdehnung des Kontinents weniger Einfluß auf ihre Größe hat. Die größten kryptogamischen Gefäßpflanzen (Baumfarren) und Monokotyledonen (Palmen) leben jetzt in den heißesten Ländern, aber manche jetzige Laub- und Nadelholzbaumarten werden viel größer (höher und stärker), als irgend ein kryptogamischer Baum zu irgend einer Zeit geworden ist; ja sie übertreffen sogar an Größe bei weitem alle Pflanzen der Vorwelt. Aehnlich ist es mit den Walfischen; auch ihr Volumen wurde wahrscheinlich von keinem antediluvianischen Thiere erreicht. Sie leben, wie die längsten Pflanzen (gewisse viele hundert Fuß lange Fucoideen oder Seetange), im weiten Ocean. Und so mögen auf die Größe eines Theiles der früheren Erdbewohner ähnliche Ursachen gewirkt haben, ohne daß man berechtigt wäre, die Flora oder Fauna der sogenannten Vorwelt überhaupt als eine riesige zu bezeichnen.

Die ältesten Gesteinsablagerungen, in denen überhaupt schon organische Reste vorkommen, die Grauwackenbildungen, enthalten, wo sie bis jetzt bekannt sind, nur wenige Pflanzen, und zwar lauter blütenlose (kryptogamische), z. B. Farren, Lykopo-

diaceen, Equisetaceen und Sigillarien. Eine der ältesten aller fossil aufgefundenen Korallenarten ist Oldhamia antiqua aus den ältesten deutlich sedimentären Ablagerungen Irlands. Dagegen enthalten jene ältesten Ablagerungen sehr viel Meeresthiere, jedoch nur solche von ziemlich niederer Organisation, z. B. Korallen, Crinoideen, Cephalopoden, Mollusken, Trilobiten und erst in den oberen Abtheilungen auch einige Fische nicht nur von verhältnißmäßig sehr niedriger, sondern auch von ganz abnormer Organisation. Nur erst in der allerneuesten Zeit hat man in der obern Grauwacke Schottlands auch ziemlich deutliche Reste eines Reptils gefunden, welches Telerpeton Elginense genannt worden ist (siehe nachstehende Figur), und ein Mittelding zwischen Salamander und



Oldhamia antiqua.



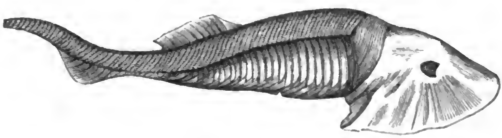
Telerpeton Elginense.

Eidechse gewesen zu sein scheint, so wie in der untern Grauwacke am Lorenzstrom in Nordamerika die Fußspuren einer Schildkröte entdeckt worden sind.

Diese Reptilien, die Fische und die weit häufigeren Trilobiten waren damals die höchsten Stufen des Thierreichs. Am bezeichnendsten für diese Epoche sind die Orthoceratiten, die Gonia-

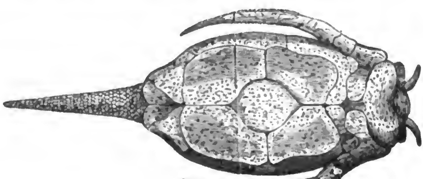
titen und die Trilobiten, an einigen Lokalitäten auch die Crinoideen und Graptolithen (vgl. S. 293 u. 294). Die Trilobiten sind Krustaceen einer gänzlich ausgestorbenen Abtheilung, welche aber schon mit zusammengesetzten Augen versehen waren und dadurch verrathen, daß damals bereits den jetzigen analoge Beleuchtungsverhältnisse bestanden.

Die wenigen Fischreste, die man, abgesehen von den neuerlich durch Pander in den ältesten Silurbildungen der russischen Ostseeprovinzen entdeckten Fischzähne, in den oberen Grauwackenbildungen findet, gehören alle zu den Placoiden und Ganoiden, welches die niedersten Fischordnungen sind, während drei Viertheile der gegenwärtig lebenden Fischarten den höher organisirten Cykloiden und Ctenoiden angehören. Unter jenen ältesten Fischformen, wenn nicht die Silurbildungen Rußlands noch ältere enthalten, sind aber mehrere von ganz besonderm Interesse, sowol durch ihr abenteuerliches, von den jetzigen Fischen abweichendes Ansehen, als dadurch, daß sie gleichsam als Uebergangsformen aus der Klasse der krebsartigen Thiere in die der Fische anzusehen sind. Den einen dieser Fische hat man Cephalaspis genannt. Sein Leib ist mit



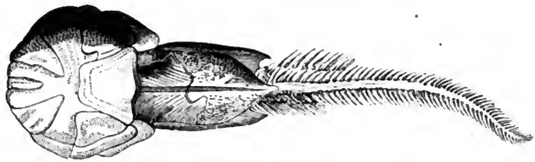
Cephalaspis Lyelli.

starken Knochenplatten bedeckt, und auch der Kopf bildet eine breite, schildförmige Platte. Ein anderer, Pterichtys, ist durchaus



Pterichtys latus.

von großen Knochenplatten umgeben, und hat ein Paar kleine, flügelartige Anhängsel. Ein dritter Panzerfisch aus dem Old-red-sandstone Englands ist Cocosteus decipiens genannt worden, er



Cocosteus decipiens.

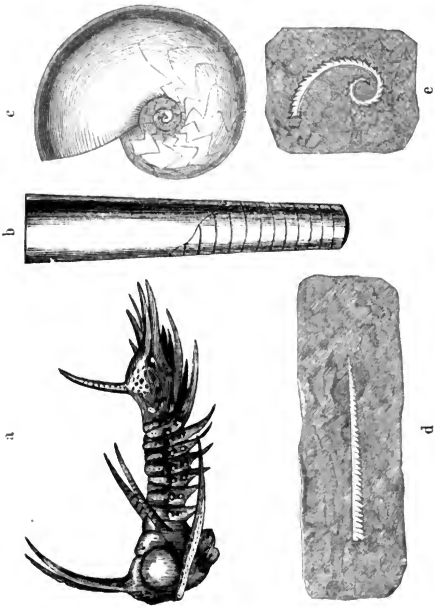
zeigt wieder ein sehr eigenthümliches Kopfschild. Alle drei aber besaßen noch kein ordentlich ausgebildetes Wirbelskelett, sondern nur knorpelige Anfänge eines solchen, derart wie es sich bei den höher organisirten Fischen im Embryonenzustande findet. Gewiß ist es sehr bedeutungsvoll, daß die ältesten Fische in gewissem Grade dem Embryonenzustande der jetzt lebenden höher organisirten entsprechen; es spiegelt sich darin gleichsam der allmälige Entwickelungsproceß des Individuums, und diese merkwürdige Erscheinung läßt sich noch in sehr vielen Fällen nachweisen. Das Individuum durchläuft in seinem Entwickelungsgange vom kaum belebten Ei aus eine Reihe immer höherer Stufen der Organisation; gehört es der Klasse der Säugethiere an, so zeigt es vor der Geburt nach einander gewisse Analogien mit einem wirbellosen Thiere, mit einem Fisch und mit einem Vogel. Und dieses Aufsteigen des Individuums auf der Stufenleiter der Organisation entspricht wieder in gewissem Grade der geologischen Entwickelung der gesammten Thierwelt. Die einzelnen Abstufungen zeigen vielfach Analogien mit vorweltlichen Formen. Das Individuum durchläuft somit gleichsam in der kurzen Zeit seiner Ausbildung noch einmal den langsamen Proceß der ganzen Schöpfungsgeschichte.



Hymenocaris vermicauda.

Die Krebse beginnen in den ältesten, Versteinerungen enthaltenden Schichten, den sogenannten Lingula-Flags, von Nordwales mit einer kleinen, Hymenocaris vermicauda genannten Form, zeigen sich aber weit mannigfaltiger entwickelt in der von allem Lebenden sehr abweichenden Gestalt der Trilobiten.

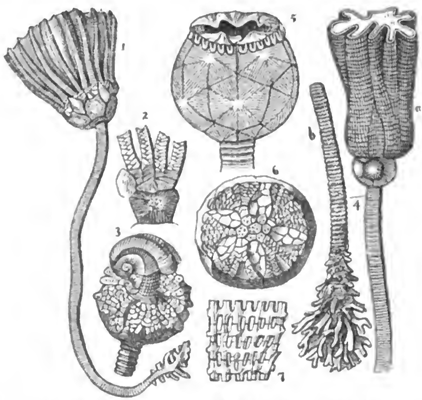
Die zunächst folgenden beiden Holzschnitte stellen noch einige der interessantesten fossilen Thierformen aus der Grauwacken-periode dar.



a Arges armatus. *b* Orthoceratites. c Goniatites. *d* und *e* Graptolithes priodon.

Fig. a stellt einen durch Vergleichung vieler Exemplare ergänzten Trilobiten (Arges armatus) dar, während wir früher bereits einige andere Arten kennen gelernt haben. Fig. b ist ein Orthoceratit aus der Abtheilung der Regularen; man sieht am dickern Ende noch die äußere Schale ansitzen, während diese am dünnern Ende abgebrochen ist, sodaß man die Linien der Kammerwände erkennen kann, durch welche die kegelförmige Schale in einzelne Abtheilungen gesondert wurde; die unterste Spitze ist abgebrochen. Fig. c zeigt einen der äußern Schale beraubten Goniatiten der

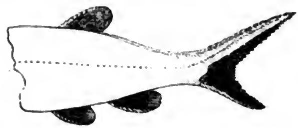
ältesten Ammonitenform. Auch hier erkennt man die Linien der Kammerwände, die weit einfacher gestaltet sind als bei den jüngeren Ammoniten im Jura und in der Kreide. Fig. d und e stellen Graptolithen dar, die in manchen silurischen Alaunschiefern und Kieselschiefern ungemein häufig gefunden werden, und wahrscheinlich von ganz eigenthümlichen Zoophyten herrühren. Auch die Crinoideen der Grauwackenperiode zeigen sehr eigenthümliche Gestalten; hier folgen einige Crinoideen aus dem Dudley-Kalkstein.



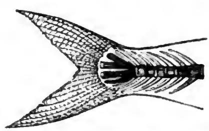
1. **Marsupiocrinites caelatus.** 2. Vergrößerte Stelle der Armansätze. 3. Eine Hervorragung desselben in der Schale einer **Acroculia Haliotis** steckend. 4. **Crotalocrinus rugosus**; verkleinert. 5. Der Kelch allein in natürlicher Größe. 6. Die flache Oberfläche desselben. 7. Die netzförmige Verzweigung der Finger.

In der Kohlenkalksteinzeit gesellen sich zu den abenteuerlichen Fischformen der Grauwackenperiode eine große Zahl schon etwas weniger von den jetzt lebenden Fischen abweichende. Immer noch aber zeichnen sie sich durch eine sehr sonderbare Eigenschaft aus, sie besitzen nämlich alle einen unsymmetrischen Schwanz, indem die Wirbelsäule in den obern Schwanzlappen ausläuft, während bei allen lebenden Fischen, mit alleiniger Ausnahme der Haie, Störe und Knochenhechte, dieselbe am Anfange des Schwanzes und

zwar in der Mitte des Körpers, endigt. Man hat jene unsymmetrischen Schwänze heterocerc genannt, die symmetrischen dagegen homocerc. Fische mit homocercen Schwänzen findet man erst von der Leiasformation aufwärts, alle älteren sind heterocerc. Nun ist es aber, wie gesagt, eine merkwürdige, durch Carl Vogt nachgewiesene Thatsache, daß der heterocerce Schwanz bei den höher



Ein heterocercer oder unsymmetrischer Fischschwanz.



Ein homocercer oder symmetrischer Fischschwanz.

organisirten Fischen, z. B. bei den Salmen, während einer gewissen Phase ihres embryonalen Zustandes existirt und erst später sich in einen homocercen verwandelt. Also auch hier wieder bestätigt sich das Gesetz des Fortschrittes, und ähnliche Beispiele ließen sich sehr viele aus allen Klassen des Thierreichs anführen.

Die eigenthümliche Flora der Steinkohlenzeit haben wir im vorigen Abschnitt und S. 196 kennen gelernt. Als höchste Stufe des Thierreichs hat man auch aus dieser Periode nur einige Reste von Reptilien gefunden, aber wesentlich nur Kopfskelette eines Sauriers, welcher Archaegosaurus genannt worden ist.

In der Zechsteinperiode herrschten im deutschen Meere die Fische vor. Mit ihnen lebten viele Produkten (vgl. S. 197 u. 201). Von Reptilien sind aus dem Zechsteine nur äußerst wenige Ueberreste gefunden worden, welche einem eidechsenartigen Thiere angehörten, dem Protorosaurus, dessen Form man aus den auf-

gefundenen Fragmenten ergänzt hat. Man hielt dieses eine Zeit lang für das älteste aller Reptilien.



Protorosaurus.

Die Reptilien sind dann in der Triasperiode zur gänzlichen Herrschaft gelangt. Fährten und Knochen in Menge sind von ihnen aufgefunden worden, aber noch gänzlich abweichend von allen lebenden Arten. Einige derselben scheinen eine Art Mittelglied zwischen großen Fröschen und Sauriern gebildet zu haben, man hat sie wegen ihres Zahnbaues Labirinthodonten genannt. — Auch Fischreste fehlen aus dieser Zeit nicht. An die Stelle der Goniatiten sind in der Ordnung der Cephalopoden die Ceratiten getreten. Zahllose Muschelgattungen bevölkerten das Meer (vgl. S. 297 u. S. 196).

An seinen Ufern wuchsen, in der Zeit der bunten Sandsteinbildung, baumförmige Schachtelhalme, Voltzien und Farrenkräuter, und in Nordamerika kennt man aus dieser Zeit Fußeindrücke von riesigen, vermuthlich unsern Schnepfen etwas ähnlichen, gegen 18 Fuß hoch geschätzten Vögeln, die aber gewiß noch eine sehr untergeordnete Rolle spielten. — In der von Unger komponirten Landschaft aus der Keuperperiode (S. 299) herrschen baumförmige Schachtelhalme durchaus vor. — Im Vordergrunde erblicken wir außerdem einige Cycadeen und dahinter einige binsenartige Sumpfpflanzen, welche Palaeoxyris genannt worden sind. Dieses Binsendickicht scheint der Lieblingsaufenthalt der plumpen Reptilien zu sein, welche davor lustwandeln; es sind Labyrinthodonten, wahrscheinlich von ähnlicher Form wie die, welche im deutschen bunten Sandstein so häufig Fußeindrücke hinterlassen haben.

Obwol in den oberen Schichten der Juragruppe mehrere Reste von Landsäugethieren aufgefunden worden sind, so waren doch sicher auch in dieser Zeit noch die Saurier die eigentlichen Beherrscher der Erde, und namentlich des Meeres. Mit den abenteuerlichsten Gestalten belebten sie den Ocean und seine Küsten. Die gefährlichsten Raubthiere für das zahlreiche Heer der Fische,



Meer in der Muschelkalkperiode. Ein Saurier klettert auf einen Baumstamm; Encriniten (Seelilien), Ceratiten, Nautilen und allerlei Muscheln liegen auf dem Boden.

die noch immer nur aus Glanzschuppern und Placoiden, aber häufig schon mit symmetrischem Schwanz, bestanden.

Der Holzschnitt auf S. 301 zeigt uns die größeren Bewohner der Jurameere und ihrer Ufer auf einen kleinen Raum zusammengedrängt und nach allen Richtungen in voller Lebensthätigkeit. Diese vorweltliche Scene ist freilich etwas phantastisch, dadurch aber vielleicht besonders geeignet, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Oben in der Luft sehen wir zwei große fliegende Eidechsen aus der drachenähnlichen Gattung Pterodactylus, vielleicht ein traulich scherzendes Pärchen oder zwei in Eifersucht kämpfende Rivalen. Wäre das Letztere der Fall, so hätten sie in der Hitze des Kampfes seinen Preis ganz aus den Augen verloren. Das unglückliche Pterodactylusweibchen erliegt vielleicht dort hinten links am Ufer soeben der hungerigen Sehnsucht eines langhalsigen Plesiosaurus, er hat es am fledermausartigen Flügel erhascht und wird es trotz seines lauten Schreiens schwerlich wieder loslassen. Könnten wir doch die melodische Stimme vernehmen, aber diese Tonwellen sind seit Millionen Jahren verklungen. Weiter nach vorn lagert am Ufer unter Palmen, Musen, Cycadeen und Farrenbäumen ein mächtiges Krokodil, das, nach der Rundung seines Leibes zu schließen, wol schon zu Mittag gespeist hat. Dessenungeachtet scheint es noch auf ein wohlschmeckendes Dessert zu lauern. Eine durch tüchtige Panzer geschützte Seeschildkröte, auf die es neidisch herüberschaut, ist ihm indessen zuvorgekommen, hat ein prächtiges Belemnitenthier erhascht und ist soeben beschäftigt es aus dem Meere hervorzuziehen, vielleicht um sich dadurch gegen die unangenehme Ergießung des Tintenbeutels zu schützen. — Noch weiter nach vorn, schon unter dem Wasser, sehen wir eine ähnliche Schildkröte im ungleichen Kampf mit einem Plesiosaurus, der sie bereits bei dem unvorsichtig hervorgestreckten Kopfe erhascht hat. Unter ihm verschlingt ein Ichthyosaurus soeben einen vollständigen Ammoniten, während ein anderer Ammonit und ein großer kurzschwänziger Seekrebs hinter ihm ihr Heil in eiliger Flucht suchen. Nahe über dem Meeresboden, auf dem schon manches Gerippe und manche leere Muschelschale liegt, leuchten uns ein paar feurige Augen entgegen, sie gehören einem gefräßigen Hai — des Meeres Hyäne — an, der soeben einen tüchtigen Hummer zermalmt. Ein paar friedliebende Fische und ein drolliger junger



Landschaft der Keuperperiode.

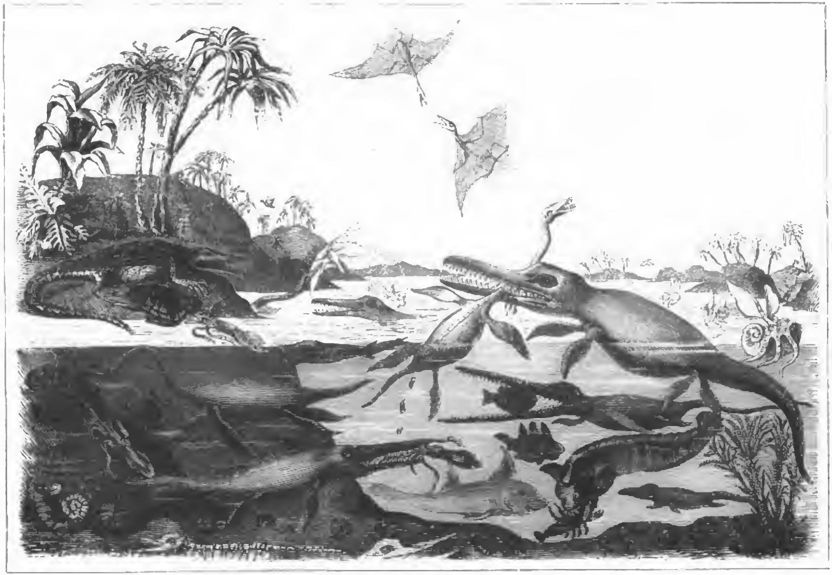
Ichthyosaurus schauen verwundert zu. Der letztere scheint aus einem zierlichen Pentacrinitenbusch hervorzukommen, der sich hier vom Meeresboden erhebt und ihm vielleicht soeben zum Spielplatze diente.

Ueber diesem Stillleben erblicken wir wieder grausige Scenen, Nichts als Raubgier und Gefräßigkeit. Im Hintergrund verschlingt ein Mystriosaurus einen breiten Fisch aus der Ordnung der Ganoiden, ganz vorn aber, und schon halb über dem Wasser, hat Ichthyosaurus, der stämmige oder grausame Beherrscher des Jurameeres, einen Plesiosaurus beim Schwanenhalse gepackt, derart, daß in der nächsten Sekunde Kopf und Rumpf sicher von einander getrennt sein müssen. Diese üble Situation veranlaßt den armen Gefangenen, im letzten Moment seines Daseins noch zu einer Ablagerung von Koprolithen seine Beiträge zu liefern.

Doch wenden wir uns ab von diesen schauerlichen Beispielen vorweltlicher Gefräßigkeit. Darüber hinweg finden wir eine wahrhaft idyllische Scene, bunte Nautilen schaukeln mit weit ausgespannten Segelarmen auf den Wogen des Meeres. Sie ziehen friedlich am palmengeschmückten Ufer entlang, freuen sich des warmen Sonnenscheins und ihrer Kunst zu segeln. So lebten von Anfang an auf unserm Erdenrunde Haß und Liebe, wilder Kampf und beseligender Friede in kleinem Raume beisammen.

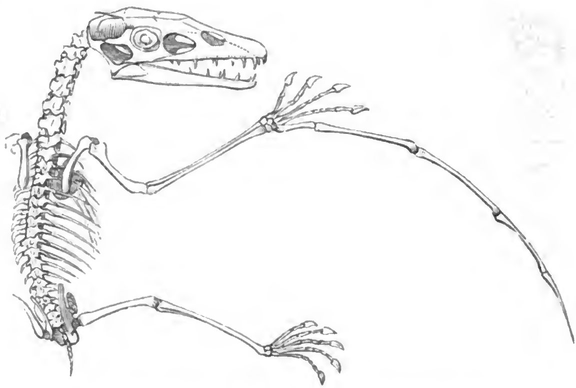
Jene Saurier waren die großen Barone in Neptun's Reich, bis an die Zähne gewappnet mit angeborener Rüstung, jeder Zoll ein Raubritter des Meeres; ganz abweichend von allen heutigen Reptilien mit Flossen statt der Füße, oder mit Flughäuten an den langen bekrallten Vorderbeinen: Ichthyosaurier, Plesiosaurier, Pterodactylen und wie sie sonst noch heißen mögen, diese Lindwürmer und Drachen der Jurazeit, deren Geschlecht längst von der Erde vertilgt, deren Stammbaum verdorrt ist. Die auf S. 302 befindliche Abbildung zeigt das Skelett eines solchen Pterodactylus, während auf der ruhigern Landschaft der Juraperiode (S. 303) ebenfalls einige daraus konstruirte Bestien dieser Art in der Luft schweben, hoch über einem Plesiosaurus, der seinen langen Schwanenhals raubgierig aus den Fluten hervorstreckt, während die sterblichen Ueberreste eines Ichthyosaurus links in der Ecke auf das Ufer geschleudert sind.

Dasselbe Meer wurde aber bevölkert von einer großen Schar



Thierscene aus der Juraperiode.

sonderbarer und zum Theil sehr zierlicher Gestalten, die meist ein weit friedlicheres Leben führten. — Milliarden von Korallenthieren bauten emsig an steinernen Riffen, am Boden festsitzende



Pterodactylus crassirostris aus dem Kalkschiefer von Solnhofen.

Crinoideen breiteten ihre Arme nach unschuldiger Beute aus, vielleicht in der Stille ihre weit ungebundeneren Stammverwandten beneidend, die Seesterne und die Meerigel der verschiedensten Art, welche lustig umherschwammen. Aber die meisten dieser Formen sind doch ebenso abweichend von den jetzt lebenden, als die der zahlreichen Ammoniten und Belemniten, welche die Stelle der Ceratiten und Orthoceratiten eingenommen haben (vgl. S. 306), während Sepien und Nautilen sich schon mehr den jetzt lebenden näherten. Dazu die zahllose Bande von ein- und zweischaligen Muscheln, von Krebsen der verschiedensten Art und in der Nähe der Küsten selbst von über dem Wasserspiegel flatternden Libellen. Auf dem Lande schon eine ganz andere Vegetation als zur Steinkohlenzeit, aber auch noch ganz anders als jetzt, und immer noch ungestört durch große Pflanzenfresser.

Unger hat uns durch die Landschaft auf nebenstehender Seite diese Zeit zu vergegenwärtigen gesucht. Cycadeen, Palmen und Farren gruppiren sich am Ufer wie auf den ferneren flachen



Landschaft der Juraperiode.

Koralleninseln. Der große Stamm in der Mitte ist ein Pterophyllum, mit breitem gefiederten Laube, eine ausgestorbene Abtheilung der Cycadeen vertretend. Stolzer erheben sich die gefiederten Kronen einiger Zamiten mit zapfenförmigen Früchten rechts am Ufer. Das niedere Buschwerk besteht aus Cycadeen und Farrenkräutern, über dasselbe hinweg schreiten wie auf Stelzen einige Pandanen, von denen man bis jetzt nur die großen kugeligen Früchte im fossilen Zustande kennt. Das Alles wäre schon recht freundlich und lieblich, lauerten nicht im Wasser wie in der Luft jene häßlichen Bestien überall auf den Raub. Und selbst das nachbarliche Land ist nicht frei davon, wie uns die S. 305 dargestellte Gruppe einer Iguanodonfamilie aus dem letzten Abschnitte der Juraepoche (Wielden) zeigt. Diese sonderbaren Gestalten der Vorwelt sind wahrscheinlich die ersten, welche auf meinem Vorschlag eine Anwendung in der bildenden Kunst erfahren haben. Herr Prof. Heuchler hat sie als Füße für eine silberne Fruchtschale angewendet, welche auf bergmännischen Scenen ruht und von dem Freiberger Revierausschuß Sr. Königl. Hoheit dem Kronprinzen Albert von Sachsen überreicht wurde. Die Vorwelt trägt da sehr sinnig das bergmännische Leben der Jetztwelt, und beide dienen als Basis für die Früchte unserer Sonnenwelt.

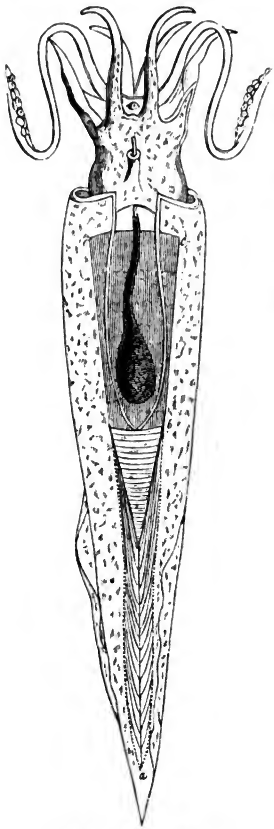
Wir treten nun in die Kreidezeit ein. Jene gräulichen Seeräuber sind verschwunden, nur wenige und etwas andere Saurierformen sind an ihre Stelle getreten. Um so häufiger sind haifischartige Bestien; die Ammoniten fangen an zu verkrüppeln; statt regelmäßige Spiralen zu bilden, krümmen sie sich unregelmäßig, oder strecken sich zu geraden Stäben (Hamiten, Turriliten, Skaphiten, Crioceren und Bakuliten). — Auch die Belemniten, welche in der Jurazeit besonders häufig waren, werden selten. Von dieser sonderbaren ausgestorbenen Cephalopodenform gibt der große Holzschnitt auf S. 306 einen idealen Längsschnitt. Oben ragt das Weichthier mit seinen Fangarmen hervor, es sitzt den Sepienbeutel umschließend in der obersten Kammer einer kegelförmigen Schale, deren unterer gekammerter Theil von einer dicken kalkigen Scheide umhüllt ist; alle diese festen Theile waren aber wahrscheinlich von einer weichen Hülle, dem sogenannten Mantel, umgeben. Der kleinere Holzschnitt (S. 306) zeigt die festen Theile eines Belemniten, von denen man in der Regel allein versteinerte



Iguanodonfamilie aus dem letzten Abschnitt der Juraepoche (Wielden).

Ueberreste findet. Die Schnecken- und Muschelformen wie die der Korallen und Strahlthiere nähern sich etwas mehr denen der Gegenwart. Unter jenen Fischen treten zahlreiche Kreisschupper und Kammschupper auf, die bisher noch ganz fehlten, während eine große Zahl der früheren Familien vom Schauplatz verschwunden ist. Unermeßliche Schwärme mikroskopisch kleiner Thierchen lieferten durch ihre Kalkschalen das Material zu den Kreidefelsen.

Am Ufer wuchsen Laub- und Nadelhölzer nicht mehr allzu verschieden von denen unserer Wälder. Aber unter allen diesen Formen ist noch keine einzige Species, welche gegenwärtig lebend existirt, es ist immer noch eine von der heutigen ganz verschiedene Lebenswelt. Erst über der Kreide begegnen wir einzelnen, und nach und nach immer mehr lebenden Arten im fossilen Zustande.

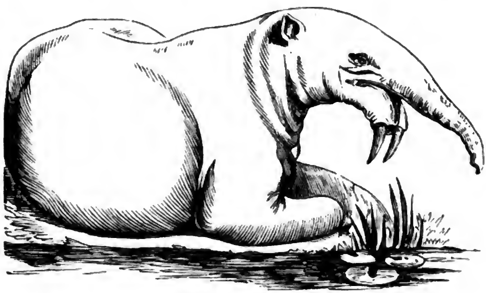


Ein ideal ergänzter Belemnit.



Belemnit. Die Scheide mit dem Alveolkegel, welche man gewöhnlich allein versteinert findet.

In der sogenannten Tertiärzeit (Molassezeit) waren die Säugethiere bereits die Herrschenden auf der Erde, aber noch ohne ihr heutiges Haupt, den Menschen. Wie aber ihre ersten Vorläufer, in der Keuper- und Jurazeit, einer sehr isolirt stehenden und, bedeutungsvoll genug, jetzt dem gänzlichen Aussterben entgegengehenden, also schon halb vorweltlichen Ordnung angehören, so finden wir auch nun zuerst die niedriger organisirten Pflanzenfresser, und erst nach ihnen die im System wie im Leben höher rangirten Raubthiere, als Schluß der Tertiärzeit den Affen. Das Dinotherium mag als

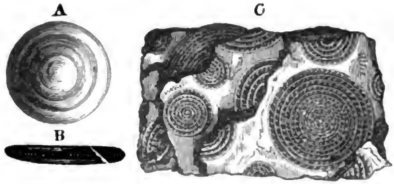


Dinotherium giganteum.

ein Repräsentant der Säugethiere dieser Periode zeigen, wie abweichend von der Jetztwelt immer noch manche Formen waren. Es ähnelt einem Elefanten, aber seine Stoßzähne sind nach unten gekehrt, man glaubt, es habe sie in dieser Stellung benutzt, um sich damit an steilen Ufern emporzuziehen. Manche Säugethiere scheinen in dieser Periode besonders groß gewesen zu sein, so die Megatherien, Mammuths und Mastodonten.

Im Anfang dieser Periode tritt uns noch einmal eine neue und in ihrer Mehrzahl bald wieder ausgestorbene Gruppe von Organismen in Gestalt der nummulitenartigen Thiere entgegen, welche ganze Gesteinsablagerungen (die Nummulitenkalksteine) in den Umgebungen des Mittelländischen Meeres fast ausschließlich zusammensetzen. Außerdem aber sind die Pflanzen- und Thier-

formen der Tertiärzeit denen der Jetztwelt schon sehr ähnlich und auch schon sehr deutlich nach Zonen verschieden, was vorher nicht bemerkbar war.



A Ein Nummulit von außen; B ein Nummulit im Querbruch; C Nummuliten im Gestein sitzend und nach der breiten Seite durchbrochen.

Den Schlußstein des ganzen organischen Reiches bildet endlich in der neuesten geologischen Periode der Mensch, als die letzte Blüte der Schöpfung und gegenwärtig ihr stolzer Beherrscher. Wie weit nach Jahren sein Ursprung zurückreiche, ist nicht bekannt, aber sicher ist er älter als die gewöhnliche Geschichte ihm nachsagt. Wie viel Jahrtausende mag sein Geschlecht existirt haben, ehe es sich so weit entwickelte, um an den Bau von Tempeln und Pyramiden zu denken?

Die Geologie lehrt uns aber zugleich, daß auf der Erde außer den Naturgesetzen und den Grundstoffen Nichts dauernd ist. Am wenigsten sind es die organischen Einzelformen. Die Arten sterben so gut wie die Individuen, und an ihre Stelle treten neue. Selbst ganze Gattungen und Familien erlöschen, um unter veränderten Umständen neuen Platz zu machen.

Ist das eine Folge des Alters der Arten, ein Ausleben durch Zeitdauer? Oder ist es stets nur eine Folge von Aenderungen der äußerlichen Lebensbedingungen auf der Erdoberfläche? — Sei dem wie ihm wolle, in jedem dieser Fälle läßt sich von der Zukunft Aehnliches erwarten, wie von der Vergangenheit. Auch die jetzigen Arten werden durch neue, oft höher organisirte ersetzt werden, und selbst der Mensch kann von diesem Lauf der Dinge keine Ausnahme beanspruchen. Auch er hat einen begabtern

Nachfolger als Beherrscher dieser Erde zu erwarten, der nach ihm das höchste Glied der organischen Entwickelungsreihe sein wird. In welchem Zeitraum? Das liegt freilich ganz außer den Grenzen unserer Beurtheilung, die Analogie läßt nur vermuthen, daß es in den nächsten Tausend Jahrhunderten nicht geschehen werde.

Anhang.

Die Vorwelt als Kunstquelle.

Die Kunst hat stets ihre Vorbilder aus der Natur entnommen; denn der Mensch ist nicht fähig, ohne bewußtes oder unbewußtes Vorbild etwas ganz Neues zu schaffen, er kann nur das Gegebene auf das Mannigfaltigste kombiniren und umgestalten. Selbst die Geschöpfe seiner Fabelwelt bestehen aus Theilen der wirklichen, die mit mehr oder weniger Glück und Geschick zusammengefügt sind. Sinnbildlich sucht er Eigenschaften durch Formen auszudrücken, die in der wirklichen Welt vorzugsweise mit diesen Eigenschaften verbunden sind. Die Kraft des Löwen, die List des Fuchses, die Schnelligkeit der Gazelle, die Flugkraft des Adlers, der gespreizte Stolz des Pfauen, die Entfaltung des Schmetterlings aus der Puppe, die Stämmigkeit der Eiche wie die Beweglichkeit des schwachen Halms werden alle, wie tausend andere Beziehungen natürlicher Wesen, zu symbolischer Darstellung verwendet, einzeln oder in mehrfacher Verbindung. Fabelthiere und Unthiere, Fabelpflanzen und Unpflanzen sind daraus seit uralten Zeiten hervorgegangen und haben neben der wirklichen Welt noch eine eingebildete entstehen lassen.

Ueberall und zu allen Zeiten hat aber die Kunst bis jetzt nur die lebende Schöpfung als Vorbild benutzt, nicht die ausgestorbene, in den Erdschichten begrabene der Vorwelt. Leicht begreiflich, da die Pflanzen und Thiere der früheren Schöpfungsperioden erst in den letzten vier Jahrzehnten mit Eifer ausgegraben, beschrieben und gut abgebildet worden sind.

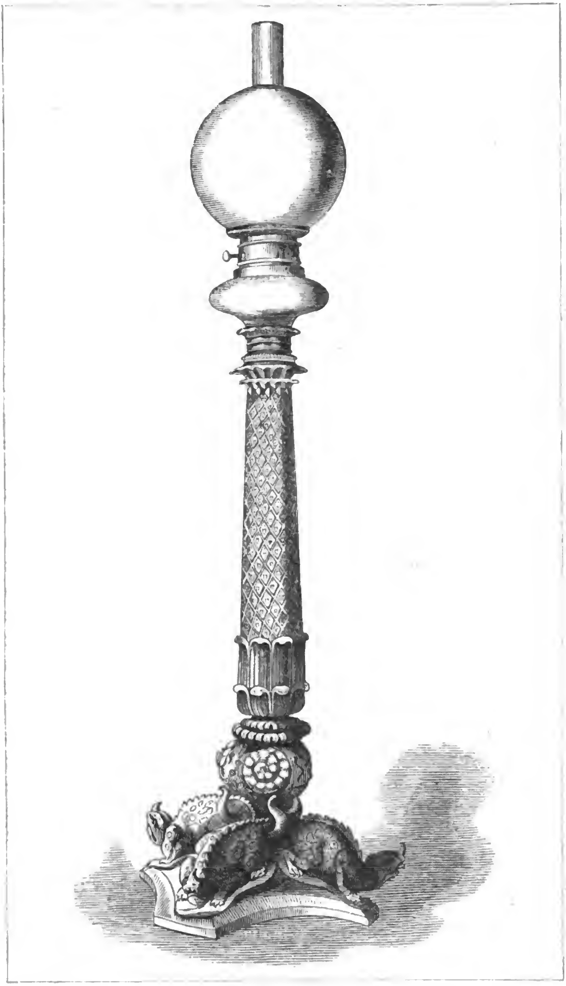
Nun aber haben sie der Kunstwelt eine neue Stoffquelle eröffnet, deren Reichthum lange unerschöpflich bleiben wird, da es sich nicht um die Ueberreste einer einzigen Periode wie die Gegenwart handelt, sondern um die stets veränderten Formen, die in einem vielmillionenjährigen Entwickelungsprocesse des organischen Lebens nach und nach auftraten und die Erde bevölkerten, wieder verschwanden und durch neue ersetzt wurden. Noch haben wenige Künstler versucht, aus dieser Quelle zu schöpfen, seine Muster oder seine Motive der Vorwelt zu entlehnen. Fast der einzige Versuch, die fossile Welt künstlerisch zu behandeln, liegt uns in Unger's vorweltlichen Landschaften vor; bei ihnen ist aber immer noch der Zweck: Belehrung, faßliche Darstellung ausgestorbener Pflanzen in ihrem geselligen Zusammenleben, nicht die Kunst der landschaftlichen Darstellung. Warum aber sollten die Formen der Vorwelt nicht auch Gegenstand und Mittel der Kunst als solcher werden?

Wenn ihr Künstler neue Ornamente, Arabesken oder symbolische Gestalten braucht, dann werden unsere Museen und Kupferwerke euch überreichen Stoff darbieten. Das Leben freilich und alles Menschliche werdet ihr auch künftig stets nur nach dem Leben formen können; sobald ihr aber Wunderbares, Abenteuerliches, Grausiges oder auch nur Zierliches braucht, dann wollen wir euch von Schicht zu Schicht führen, ihr mögt euch selbst auswählen, was euch gefällt, von den Trilobiten und Orthoceratiten der urältesten Formationen, oft viele tausend Fuß tief begraben im Innern der Erde; von den schön gerindeten Stämmen der Steinkohlenzeit, von den zierlichen Ammoniten und scheußlichen Sauriern der Juraperiode, von den plumpen Pflanzenfressern und monströsen Cetaceen der Tertiärzeit. Um scheinbar Neues zu schaffen, braucht ihr nicht mehr die Natur zu entstellen, den Gesetzen alles organischen Lebens widersprechende Formen zu konstruiren. Das geht ohnehin nicht lange mehr, wenn die Mehrzahl Menschen erst weiß, daß eine endständige Blüte nicht unsymmetrisch sein kann, daß Thiere mit Zehen nie Hörner tragen, daß die Größe der Flügel dem Gewichte des Körpers entsprechen muß; dann werdet ihr mit solchen Erfindungen kein Glück mehr machen, dann dürft ihr den Gesetzen der Natur nicht mehr Hohn sprechen, so wenig als ein Dichter es dann noch wagen darf, Sa-

lamander und Molche auf dem Grunde des Meeeres leben zu lassen. Aber die Vorwelt bietet auch noch genug neue Formen, um eure Phantasie zu erfrischen und neu zu beleben. Was für zierliche Säulenschäfte müßten die Calamniten, die Lepidodendren und die Sigillarien abgeben? Recht geeignet für die Vorhalle eines Museums der Natur. Was für wunderbare Arabesken die Asterophyllen, die Crinoideen und die Crioceren? Was für fabelhafte Karyatiden die Saurier und die mächtigen Dickhäuter, die Dinotherien mit ihren nach unten gebogenen Stoßzähnen? Wie symbolisch könntet ihr das Riesenfaulthier der Molassezeit oder den Pterodactylus, diesen Drachen der Vorwelt, verwenden? Und was für allerliebste kleine Zierathe ließen sich nicht aus Echiniten, Trilobiten, Ammoniten und Nummuliten konstruiren? Würden die zarten Hände der Damen nicht dankbar sein, wenn sie auch einmal so uralte Muster als etwas ganz Neues zu sticken bekämen? Und welch ergiebiges Feld eröffnete sich dem Heraldiker der Zukunft, wenn man in Wappenschilder von jetzt an, statt doppeltgeschwänzter Löwen, auch Belemniten oder Makrocephalen, Plesiosaurier und Hydrarchen aufnähme?

Herr Bergmeister Ramsauer auf dem Rudolphstein bei Hallstatt hat es versucht, die fossilen Bestien in ihrer wirklichen Gestalt zu allerlei Dekorationen zu verwenden, und seine Ammoniten und Orthoceratiten fügten sich ganz gehorsam in den Dienst, marmorene Tischplatten zu tragen oder Konsolen mit der Wand zu verbinden. So viel ich weiß, sind diese an Hirschgeweihmöbel erinnernden Versuche jetzt in Wien aufgestellt. Aber die starren Steinformen der Natur sind begreiflicherweise nicht so gefügig, als der Künstler ihre Kopien behandeln könnte, bei denen es immer wieder erlaubt sein wird, manches Unwesentliche zu ändern oder Verschiedenes zu besonderm Zwecke zu kombiniren.

Ihr wendet vielleicht ein: „Hu, das wird eine grausige, gespenstige Formenwelt sein, in der man sich unheimlich fühlt; denn nur Gerippe, Zähne, Schuppen oder Kalkschalen von längst verstorbenen Wesen könnt ihr Geologen uns vorlegen, keine Thiere mit Haut und Haar, keine Pflanzen mit ihrem buntfarbigen Blütenschmucke.“ — Nun, was davon grausig ist, das mögt ihr verwenden, wo es hingehört, es gibt auch Graziöses genug darunter; was aber die Fleisch- und Blütenlosigkeit anlangt, so eröffnet sie



Photogengaslampe.

eben eurer Phantasie das reichste Feld der Thätigkeit. Fleisch- und Blütenschmuck lassen sich hinzufügen, wo sie hingehören.

Schlagt nur die Kupferwerke der Geologen auf! Da findet ihr, wie man aus den Einzelknochen ganze Skelette und dann um das Gerippe auch einen Leib konstruirt hat; wie man aus den Schalen der fossilen Cephalopoden ihre sonderbaren Arme hervorragen läßt; wie man nach und nach angefangen hat, auch Wurzeln, Blätter und selbst Blüten zu den fossilen Baumstämmen zu finden. Das Alles mögt ihr verschönern, künstlerischer darstellen, und wenn ihr dabei zuweilen einen Sachverständigen zu Rathe zieht, so braucht ihr nicht nothwendig in den alten Fehler zu fallen, ganz gegen die Gesetze der Natur zu verstoßen. Wir werden euch nicht pedantisch beurtheilen; innerhalb gewisser Grenzen werdet ihr ganz freien Spielraum haben, Thiere und Pflanzen zu formen und zu färben, schon deshalb, weil wir selbst nicht genau wissen, wie es war. Greift also zu, ihr Künstler, greift einmal in die Vorwelt!

Das Vorstehende schrieb ich im Jahre 1853 für einen andern Zweck nieder. Seitdem ist Herr Professor Heuchler mehrfach auf den darin ausgesprochenen Wunsch eingegangen, und diese Beispiele mögen die Ausführbarkeit der Ideen praktisch beweisen.

Zunächst gab Heuchler einer Fruchtschale, welche die Grubenvorstände Freibergs Sr. Königl. Hoheit dem Kronprinzen von Sachsen überreichten, restaurirte Iguanodonten als Füße. Dann entwarf er den Fuß für eine Photogengaslampe, welchen Herr Graf v. Einsiedel auf seinen Hüttenwerken in Metall ausführen ließ, und dessen Abbildung auf der vorhergehenden Seite befindlich ist.

Den Fuß bilden abermals drei Iguanodonten; aus ihren verschlungenen Schweifen sproßt dreitheilig eine Stigmaria hervor, das ist eine Pflanze der Steinkohlenformation, von der man glaubt, daß sie als Wurzelbildung zu den Stämmen von Sigillaria oder Lepidodendron gehört habe. Die Stigmaria umfaßt zwischen sich drei Clymenien, das sind Nautilusarten der Kohlenperiode, und nach oben entwickeln sich aus ihr spiralförmig aufgerollte Blattwedel, einen doppelten Kranz bildend als Basis der Säule. Diese selbst besteht aus dem Stamm eines Lepidodendron aculeatum, also einer der häufigsten Steinkohlenpflanzen mit sehr

zierlichen spiralaufsteigenden rhomboidalen Blattnarben bedeckt. Am Gipfel entwickelt sich aus dem Stamm oder der Säule, den Lampenaufsatz unmittelbar tragend, eine doppelte Krone von abgestumpften lanzettförmigen Blättern, wie sie diesen baumförmigen Lycopodiaceen (nur ohne Abstumpfung) zugehören. Aehnliche Blätter umschließen auch dicht anliegend das untere Ende des Stammes.

So sehen wir denn hier eine zugleich künstlerisch gruppirte Verbindung mehrerer vorweltlicher Organismen vor uns, welche alle der Steinkohlenbildungszeit angehören, mit Ausnahme der Eidechsen (Iguanodon), die aus einer neuern, aber doch auch aus einer Kohlenformation herrühren. Das Photogen, welches aus vorweltlichen Pflanzenresten gewonnen wird, strömt da gleichsam aus deren ergänzten Formen hervor, um Millionen Jahre nach ihrer Wachsthumsperiode unsere Nächte zu erleuchten.

Diese Kompositionen wurden also bereits plastisch ausgeführt, vielleicht wird einst auch das Portal für ein geologisches Museum noch irgendwo in Stein oder Metall dargestellt, dessen auf dem Titelblatte ersichtlichen Entwurf wir gleichfalls Herrn Professor Heuchler verdanken.

Das ist der Versuch einer Einführung vorweltlicher Formen in die Architektur.

Zwei Saurier als Skelette bewachen den Eingang, ein Ichthyosaurus und ein langhalsiger Plesiosaurus. Hinter ihnen erheben sich als schlanke Säulen drei Hauptpflanzenformen der Steinkohlenzeit: Sigillaria, Lepidodendron und Calamites, welche sich zugleich über ihren Kapitälen zur zierlichen Laibung des Bogens wölben. Die Kapitäle der Säulen bestehen aus Korallen, Trilobiten und Austern (Ostrea Marschii), während Ammoniten als Konsolen von den inneren Säulen hervortreten. Im Giebelfeld des Bogens über der Thür ist die gegenwärtige Schöpfungsperiode durch eine in Farben auszuführende Freske repräsentirt, welche den Menschen umgeben von gezähmten Thieren darstellt als Höchstes der Schöpfung. In den beiden Ecken über den Bogen treten Seesterne als Reliefs hervor. Das Bogenfries zeigt unter jedem Bogen einen Pekten und zwischen jedem die Gestalt eines restaurirten Belemniten, auf den Eckpfeilern dagegen die quastenförmigen Kronen von Encriniten. Das Hauptgesims wird durch eine dicht

gedrängte Reihe von Isocardien getragen. Auf demselben sitzen die Skelette zweier Eidechsen der Wieldenformation (Iguanodon), über ihnen sind als Reliefs die Skelette der Juradrachen (Pterodactylus) eingefügt. Zwischen denselben eine Rosette, deren Centrum ein vielstrahliger Seestern bildet.

Als Thürbänder sind Farrenwedel benutzt; durch die halbgeöffnete Pforte erblickt man im Innern das Skelett eines Megatherium.

Ist das nun nicht ein Portal würdig für ein geologisches Museum, und so geschmackvoll und zierlich zugleich, als man nur immer wünschen kann? — Mögen recht Viele eingehen durch diese Pforte, um jene uralte und doch frische Anregung und Belehrung zu finden für Wissenschaft und für Kunst!

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.